المنظمة العربية للترجمة

برايان سكنر

# الإمداد المائي في المقياس الصغير

## مراجعة في التقنيات



ترجمة
د. محمد عبد السّتّار الشيخلي




سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدّمة

توزيع: مركز دراسات الوحدة العربية

# الإمداد المائي في المقياس الصغير

## مراجعة في التقنيات

المنظمة العربية للترجمة

برايان سكنر

# الإمداد المائي في المقياس الصغير
# مراجعة في التقنيات

ترجمة

د. محمد عبد الستار الشيخلي

**الفهرسة أثناء النشر - إعداد المنظمة العربية للترجمة**

سكنر، برايان

الإمداد المائي في المقياس الصغير: مراجعة في التقنيات/ برايان سكنر؛ ترجمة محمد عبد الستار الشيخلي.

271 ص. - (تقنيات استراتيجية ومتقدمة)

ببليوغرافيا: ص 259 - 266.

يشتمل على فهرس.

ISBN 978-9953-0-1785-3

1. المياه الجوفية. 2. مصادر المياه. أ. العنوان. ب. الشيخلي، محمد عبد الستار (مترجم). ج. السلسلة.

628.1

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة
عن اتجاهات تتبناها المنظمة العربية للترجمة»

Skinner, Brian
*Small-Scale Water Supply: A Review of Technologies*




**المنظمة العربية للترجمة**

بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 5996 - 113
الحمراء - بيروت 2090 1103 - لبنان
هاتف: 753031 - 753024 (9611) / فاكس: 753032 (9611)
e-mail: info@aot.org.lb - http://www.aot.org.lb

---

توزيع: **مركز دراسات الوحدة العربية**
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 6001 - 113
الحمراء - بيروت 2034 2407 - لبنان
تلفون: 750084 - 750085 - 750086 (9611)
برقياً: «مرعربي» - بيروت / فاكس: 750088 (9611)
e-mail: info@caus.org.lb - Web Site: http://www.caus.org.lb

---

**الطبعة الأولى:** بيروت، حزيران (يونيو) 2010

# المحتويات

# قائمة الأشكال

# قائمة الجــــداول

# قائمة المربعات

# تقديم

## سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة
## ضمن مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي

يطيب لي أن أقدم لهذه السلسلة التي جرى انتقاؤها في مجالات تقنية ذات أولوية للقارئ العربي في عصر أصبحت فيه المعرفة محركاً أساسياً للنمو الاقتصادي والتقني، ويأتي نشر هذه السلسلة بالتعاون بين مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والمنظمة العربية للترجمة ويقع في إطار تلبية عدد من السياسات والتوصيات التي تعنى باللغة العربية والعلوم ومنها:

**أولاً**: البيان الختامي لمؤتمر القمة العربي المنعقد في الرياض 1428هـ ـ 2007م الذي يؤكد ضرورة الاهتمام باللغة العربية، وأن تكون هي لغة البحث العلمي والمعاملات حيث نص على ما يلي: (وجوب حضور اللغة العربية في جميع الميادين بما في ذلك وسائل الاتصال، والإعلام، والإنترنت وغيرها).

**ثانياً**: «السياسة الوطنية للعلوم والتقنية» في المملكة العربية السعودية التي انبثق عنها اعتماد إحدى عشرة تقنية إستراتيجية هي:

المياه، والبترول والغاز، والبتروكيميائيات، والتقنيات المتناهية الصغر (النانو)، والتقنية الحيوية، وتقنية المعلومات، والإلكترونيات والاتصالات والضوئيات، والفضاء والطيران، والطاقة، والمواد المتقدمة، والبيئة.

**ثالثاً**: مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي التي تفعِّل أيضاً ما جاء في البند أولاً عن حضور اللغة العربية في الإنترنت، حيث تهدف إلى إثراء المحتوى العربي عبر عدد من المشاريع التي تنفذها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالتعاون مع جهات مختلفة داخل المملكة وخارجها. ومن هذه المشاريع ما يتعلق برقمنة المحتوى العربي القائم على شكل ورقي وإتاحته على شبكة الإنترنت، ومنها ما يتعلق بترجمة الكتب الهامة، وبخاصة العلمية، مما يساعد على إثراء المحتوى العلمي بالترجمة من اللغات الأخرى إلى اللغة العربية بهدف تزويد القارئ العربي بعلم نافع مفيد.

تشتمل السلسلة على ثلاثة كتب في كل من التقنيات التي حددتها «السياسة الوطنية للعلوم والتقنية». واختيرت الكتب بحيث يكون الأول مرجعاً عالمياً معروفاً في تلك التقنية، ويكون الثاني كتاباً جامعياً، والثالث كتاباً عاماً موجهاً إلى عامّة المهتمين، وقد يغطي ذلك كتاب واحد أو أكثر. وعليه، تشتمل سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة على ما مجموعه ثلاثة وثلاثون كتاباً مترجماً، كما خصص كتاب إضافي منفرد للمصطلحات العلمية والتقنية المعتمدة في هذه السلسلة كمعجم للمصطلح.

ولقد جرى انتقاء الكتب وفق معايير منها أن يكون الكتاب من أمهات الكتب في تلك التقنية، ولمؤلفين يشهد لهم عالمياً، وأنه قد صدر بعد عام 2000، وأن لا يكون ضيق الاختصاص بحيث يخاطب فئة محدودة، وأن تكون النسخة التي يترجم عنها مكتوبة باللغة التي

ألّف بها الكتاب وليست مترجمة عن لغة أخرى، وأخيراً أن يكون موضوع الكتاب ونهجه عملياً تطبيقياً يصبّ في جهود نقل التقنية والابتكار ويساهم في عملية التنمية الاقتصادية من خلال زيادة المحتوى المعرفي العربي.

إن مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية سعيدة بصدور هذه المجموعة من الكتب، وأود أن أشكر المنظمة العربية للترجمة على الجهود التي بذلتها لتحقيق الجودة العالية في الترجمة والمراجعة والتحرير والإخراج، وعلى حسن انتقائها للمترجمين المتخصصين، وعلى سرعة الإنجاز، كما أشكر اللجنة العلمية للمجموعة التي أنيط بها الإشراف على انجازها في المنظمة وكذلك زملائي في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية الذين يتابعون تنفيذ مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي.

الرياض 20/ 3/ 1431 هـ

رئيس مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

د. محمد بن إبراهيم السويل

# توطئة

إن هذا الكتاب هو تعويض لنشرة روس 10 (Ross Bulletin 10) الخاصة **بالإمدادات المائية الصغيرة** (*Small Water Supplies*) والتي نشرت بشكل كتيب سنة 1978. لقد وجد العديد من المهتمين هذه النشرة مدخلاً مهماً للمعلومات الخاصة بالتجهيز المائي للمناطق القروية، وفي البلدان النامية. ومع أنها نفدت من الأسواق، إلا أن الطلب عليها بقي قائماً لفترة طويلة من الزمن. ولقد مولت حكومة المملكة المتحدة من خلال قسم التنمية الدولية (DFID) التابع لها، إنتاج هذا الإصدار الجديد الذي هو نسخة معدلة من النشرة اعتماداً على العاملين في WELL، أحد مراكزها المرجعية.

ومنذ إصدار هذه النشرة وحتى مراجعتها لآخر مرة، حصل الكثير من التطور في الإمداد المائي في الدول النامية. ويتوفر الآن عدد لا بأس به من النشريات المتخصصة، التي تعطي توجيهاً إرشادياً معيناً حول تخطيط وتصميم، وتطبيق، وتشغيل وإدامة مشاريع الإمدادات المائية الصغيرة وباستخدام تقنيات متنوعة.

إن غرض هذا الكتاب البديل مشابه تماماً لغرض الكتاب الأصل لكونه يعطي فكرة شاملة ومختصرة عن موضوع تجهيز الماء

للمجتمعات أو التجمعات البشرية الصغيرة ذات الدخل المنخفض، والتي تقطن المناطق الريفية والنائية في الدول النامية.

والموضوع واسع ومتشعب كما هو معروف ولا يمكن تغطيته بما يتطلب من إحاطة في هذا الكتاب الوجيز. وبقي على القرّاء المحتاجين لمشاريع تصميم مصادر مائية أن يرجعوا إلى نشريات أخرى، أو أن يجدوا ضالتهم من خلال ممارسين متخصصين في هذا الحقل.

من الدروس المهمة التي تعلمناها خلال العقدين الماضيين، الحاجة إلى الإصغاء بعمق إلى الجوانب الاجتماعية الخاصة بمواضيع الماء والنظافة، وتعزيز الأساليب والوسائل الصحية بكل ما يتطلبه الأمر وابتداءً من التوعية وحتى التمويل. وليس بمكنة هذا الكتاب، كما هو واضح، أن يوفي هذه المواضيع غير التقنية حقها. ولكن، الملاحق والمراجع المرفقة تشير إلى عدد من المصادر المرجعية التي تتعرض لهذه المواضيع، وتناقش أثرها على التطور الصحي وديمومة مشاريع الإمداد المائي وحسن أدائها.

يغطي الكتاب الحالي معظم التقنيات المذكورة في النشرة الأصلية المشار اليها أعلاه مع تحديث وإعادة ترتيب للمعلومات الواردة فيها، وإن معظم التوضيحات والأشكال، جديدة. وتتضمن الإضافات على ما جاء في النشرة معلومات جديدة حول المضخات اليدوية، وخزن المياه، والمرشحات المخشنة، والزرنيخ في المياه الجوفية، وأنابيب البولي إثيلين، وعمليات تحسين نوعية المياه باستخدام «نظام الجِرار الثلاث» والتطهير بالأشعة الشمسية.

ولتحديد طول الكتاب واتساعه لم تُكرر بعض المعلومات التي تضمنتها نشرة روس 10 في هذا الكتاب، إلا أن ملاحق شاملة قد

تمت إضافتها لتوجيه القراء إلى مصادر معلومات أخرى مفيدة.

في بداية المراجع، أعطيت تفاصيل عن ستة كتب مرجعية تغطي الموضوع برمته وبتفاصيل مُعمقة. ويبيّن الملحق 1 أياً من أجزاء الكتب المرجعية الستة أكثر ارتباطاً أو صِلةً بكل فصل من فصول هذا الكتاب، فضلاً عن ذكر مراجع متخصصة أخرى.

والإنترنت لمن يملك إليها سبيلاً مصدر جديد مفيد للمعلومات لم تكن متاحة أو حتى يُحلم بها عام 1986. ويسجل الملحق 3 مصادر المعلومات المتوفرة على صفحات الشبكة العالمية. ومما يذكر أن لموقع WELL دليل مكتبة بحث يمكن استخدامه لإيجاد عناوين الكتب التي تغطي مواضيع معينة ذات علاقة بالإمداد المائي.

تعتمد كل القياسات في هذا الكتاب على النظام المتري، والطرائق المستخدمة لتحويل هذه القياسات إلى النظام الإنجليزي متوفرة في الملحق 4.

وتفاصيل المرجع الذي اعتمده هذا الكتاب ليكون بديلاً مختصراً له هي:

Cairncross, S. and R. Feachem. *Small Water Supplies.* Bulletin no. 10. London, UK: London The Ross Institute of Tropical Hygiene (School of Hygiene and Tropical Medicine), 1986. pp. 78. ISBN 0 900995 10 6.

# شكر

جميع الرسوم الواردة في هذا الكتاب عدا ما ينوّه عنه، تم إنتاجها في مركز هندسة وتطوير المياه (WEDC)، في جامعة لفبورة، المملكة المتحدة. وقد نوّه أدناه عن المصادر الأخرى التي اعتمدتها بعض هذه الرسوم، وإن تفاصيل كاملة عن ذلك يمكن الاطلاع عليها في ثبت المراجع ومآخذ الدراسات.

| الشكل | المرجع الأصلي |
|---|---|
| 9، 10، 13 | Technical Brief 34 in Shaw (1999) |
| 11 | Guoth - Gumberger (1987) |
| 15، 37، 38 | Morgan (1990) |
| 16، 19 | Technical Brief 43 in Shaw (1999) |
| 17 | Unknown |
| 23، 24 | DHV (1985) |
| 26، 27 | Rajagopalan and Shiffiman (1974) |
| 28 | Nilsson (1985) |
| 29 | SWS (1992) |

| | |
|---|---|
| Technical Brief 22 in Pikford (1991) | 32 ،30 |
| IRC (1988) | 36 |
| Technical Brief 41 in Pickford (1991) | 45 ،44 ،43 ،42 ،41 ،40 |
| Fraenkel (1997) | 49 ،48 |
| Nissen - Petersen and Lee (1990) | 52 |
| Hasse (1989) | 53 |
| Technical Brief 56 in Shaw (1999) | 54 |
| Technical Brief 58 in Shaw (1991) | 55 |
| Wegelin (1996) | 57 |
| IRC (1987) | 58 |
| DLVW (1983) | 60 |
| IRC (1979) | 62 ،61 |

# الفصل الأول مقدمة

## 1.1 ـ نطاق الكتاب

يقدم هذا الكتاب للتكنولوجيا التي يمكن اعتمادها في تجهيز المياه في الدول النامية. ويعنى أساساً بالتجهيزات النقطية (Point Supplies) كالآبار وثقوب الحفر (Boreholes)، والينابيع وأنظمة تجميع مياه الأمطار التي لا تستخدم المضخات الآلية (التي تدار بالموتورات)، وأعمال المعالجات (Treatment Works)، أو نظام التوزيع الأنبوبي (Piped Distribution Systems).

وعلى الرغم من التركيز على مصادر التجهيزات النقطية، فالكتاب يُقدم القارئ إلى المضخات الآلية، ومعالجات الماء بالإضافة إلى أنظمة التوزيع الأنبوبي.

ستكون معظم التجهيزات النقطية المذكورة هنا ملائمة فقط لتلبية الحاجات المائية لعدد من السكان يقل عن 250 فرداً والسبب يعود إما إلى قلة تجهيز المصدر أو إلى معدل التجهيز الواطئ لطريقة سحب الماء غير الآلية.

وتناسب بعض التكنولوجيات، مثل أنظمة تجميع مياه الأمطار، عائلات منفردة، فيما تخدم تكنولوجيات أخرى كنظام التوزيع الأنبوبي الملقم بالتثاقل (Gravity - fed Piped Distribution System). من الينابيع الوفيرة (High Yielding Springs)، مجتمعات كبيرة.

لعل هذا الكتاب من الصغر بمكان بحيث لا يوفر تفاصيل معمّقة للقراء ممن يحتاجون إلى أن يصمموا نظاماً لتجهيز الماء. وعلى هؤلاء أن يرتكنوا إلى نشريات أخرى كتلك المثبتة في الملاحق والمراجع، أو الحصول على مساعدة من الممارسين الميدانيين ذوي الخبرة. ويبيّن الملحق 1 مادة مرجعية مُوصى بها لكل الفصول الفرعية الواردة في هذا الكتاب.

## 2.1 ـ الأسلوب التزايدي

غالباً ما تكون معالجة وتحسين التجهيز المائي المتاح هي الطريقة الأمثل للابتداء بمشروع مائي. النظم الجديدة قد تحتاج إلى تخطيط مضاف لتفي بحاجة المجتمع من حيث المقدرة والرغبة في الانخراط والمساهمة في دفع ثمن مستوى الراحة المتزايد دائماً.

وهنالك أمثلة للأسلوب التزايدي مقترحة في متن هذا الكتاب.

## 3.1 ـ أهمية الإقحام التام للمجتمع

بينت الخبرة المتراكمة في العقدين الماضيين أنه ليس من السهل إيجاد حلول محتملة لتجهيز المياه الصالحة للشرب لذوي الدخول الواطئة من الناس ممن يعيشون في المناطق القروية للدول النامية. وهنالك انصراف أو هجرة عن المجهز القديم، أو الدولة أو عن أسلوب تجهيز الماء بطريقة التحليل (Top-down)، مع إسهام قليل من المستهلك النهائي (End users) لأسلوب التكوين أو التصنيع (Bottom-up) الذي يشملهم بصورة أساسية.

ولا يحقق أسلوب التحليل (Top-down) الرغبة الحقيقية للمجتمع، وغالباً ما ترتكب الحكومات والمانحون عدداً من الافتراضات الخاطئة حيال ما تحتاجه التجمعات والمجتمعات

البشرية، وكذلك نوعية طريقة تشغيل النظام وإدامته. وأحد هذه الافتراضات أن بإمكان الدولة أن تبقي النظام بحالة من الأداء الجيد للمستهلكين. ولكن، ذلك ليس ممكناً على الدوام بسبب شحة الاعتمادات المالية من جهة، والخيارات الخاطئة لنوعية التكنولوجيا من جهة أخرى. ولطالما افترض أن المجتمع سوف يُعنى بالنظام ولكن في حقيقة الأمر لا يتمكن من ذلك.

ويعود السبب في ذلك إلى عجز التمويل، أو الشحة بالخبرات، أو افتقاد الأدوات الاحتياطية اللازمة لتشغيل وإدامة النظام.

ونتيجة لتراكم الخبرات في أنظمة ميادين متعددة أصبح مُدركاً ضرورة إشراك المجتمع ومنذ البداية في عملية تشخيص المشاكل، وإيجاد الحلول الممكنة لها والتوفيق بين الأدوار التي يؤديها المجتمع والوكالات الخارجية في مجالات تركيب وتشغيل وإدامة أنظمة الإمداد المائي.

إن طريقة التكوين أو التصنيع (Bottom-up) أو ما يسمى «بطريقة الإدارة المجتمعية» (Community Management) ضرورية في استدامة الإمداد المائي لنظم التجهيز كافة. ويشجع القراء بشدة للاستزادة عن الموضوع من خلال الأدبيات المتخصصة مثل (IRC, 1991)، أو من الممارسين المهنيين في هذا المجال.

وهنالك ثلاثة أهداف مهمة في نظام الإمداد المائي هي أن يكون:

- مقبولاً للمجتمع (في ما يتعلق مثلاً بما يوفره من راحة، ومن حيث المعتقدات التقليدية، والعرف). وأن يكون كذلك مقبولاً من الناحية البيئية والمفاهيم الصحية.
- ميسوراً أو متاحاً (أي إنه يلائم العوامل الاجتماعية المحلية، والمالية والتكنولوجية والمؤسساتية، ذات العلاقة).

• مستداماً (أي احتمال تشغيله وإدامته في المستقبل بالمتوفر من المصادر المالية، والبشرية، والمؤسساتية، والمادية).

## 4.1 ـ أهمية النظافة والناحية الصحية

حيثما يوجد الفهم القاصر للمخاطر الصحية المتأتية من الاستخدام المستمر لمصادر المياه المتاحة والملوثة ستشح الرغبة في المساهمة بالتخطيط والإنشاء وتشغيل الأنظمة الجديدة أو إدامتها. وفي هذه الحالة سيصبح من الضروري الابتداء ببرنامج تعليمي مكثف حول التربية الصحية والنظافة قبل المحاولة للتخطيط لموارد مائية محسنة أو جديدة. ولقد بينت الخبرة أنه للحصول على أفضل النتائج يتوجب على هذه البرامج التعليمية أن تؤسس على أسلوب فعاليات المساهمة في التعليم وليس الاستماع إلى المحاضرات فقط. ويُنصَح القارئ أن يَبَحث أعمق في مجال هذا الموضوع المهم (على سبيل المثال في: Boot, 1991).

لا تعتمد صحة المجتمع فقط على نوعية مياه الشرب المستخدمة، فإن معظم الأمراض التي يحملها الماء تنتقل بطرائق أخرى. وعليه، فإنه لمن المهم على أي تدخل لتحسين صحة المجتمع أن يؤخذ بنظر الاعتبار الحاجة إلى تعزيز الإجراءات الصحية ومنع تفشي الأمراض، بالإضافة إلى الاهتمام بنوعية المياه. طالما يُركّز على مصدر المياه على أنه يوفر مياه نقية وفي الواقع العملي قد يصبح هذا المصدر ملوثاً إلى درجة كبيرة من خلال عمليات الاستخراج السيئة، أو النقل غير النظيف، أو إدارة التعامل مع هذه المياه قبل استخدامها. وحتى في حالة استخدام المياه النقية، فإن المستهلكين إن كانوا لا يطبقون العادات الصحية ومبادئ النظافة يلوثون هذه المياه بالعديد من العوامل الجرثومية الممرضة (الكائنات

الممرضة). وذلك، من خلال الأيادي القذرة والغذاء الملوث. وحول تفهّم العادات الصحية وقواعد النظافة للمجتمع هنالك إرشادات نافعة معطاة في نشرية الميدوم وجماعته (Almedom [et al.], 1997).

وعندما تشح مصادر المياه، فإن استخدام وفرة من المياه يؤدي غالباً إلى انخفاض في نسبة الأمراض حتى وإن كان الماء المتوفر ليس بتلك الدرجة من النقاوة. وعليه، فإن البحث عن مصادر مريحة لتوفير كميات كافية من المياه لضمان ممارسات صحية هي أيضاً عامل مهم يتوجب الأخذ به عند تصميم النظام المائي الجديد. وللتأكد من الاستخدام الأمثل للمجتمع فإن المصدر الجديد/ المحسن يجب أن يكون ملائماً ومريح الاستخدام قياساً إلى المصدر التقليدي.

وعند التخطيط لزيادة كبيرة في كمية المياه المستهلكة من قبل مجتمع ما يصبح مهماً أيضاً سلامة التصرف في هذه المياه بعد استخدامها. فهنالك مخاطر صحية جديدة يمكن إدخالها إلى المجتمع إن لم يتم التصرف بالمياه المستهلكة بشكل صحيح. مثال على ذلك إمكانية تكاثر البعوض الحامل للملاريا.

# الفصل الثاني
# سعة التصميم وأهليته

عند تصميم أي مورد مائي، يتوجب معرفة كمية المياه التي سيوفرها هذا المورد، وهذا الأمر يختلف من دولة إلى أخرى. وفي هذا الصدد من المفيد قياس كمية المياه المستهلكة من موارد محسنة ومتاحة في مواقع أخرى من المنطقة. ويعرض الجدول 1 بعض الأمداء النمطية من الطلب على المياه، يمكن استخدامها كنقطة ابتداء في حالة عدم توفر بقية البيانات.

ستعتمد كمية المياه المجمعة من مصادر مائية عامة (Public Water Source) كالآبار المفتوحة مثلاً، جزئياً، على سهولة تحصيل المياه منها، على الرغم من أن معدل الطلب مقاساً بالزمن المستغرق للرحلة الانكفائية (Round Trip) ثابت نسبياً بين 5 دقائق إلى 30 دقيقة.

وتعتمد الملاءمة إلى درجة كبيرة على:

- رحلة المسافة الانكفائية المقطوعة على الأقدام من البيت إلى المورد.
- وجود طابور عند المورد.
- معدل تجميع المياه من المورد.
- الجهد الفيزيائي اللازم لرفع/ وضخ المياه. وأخيراً،
- أن يتطلب من المستهلك دفع مقابل لِكُلّ حاوية ماء يجمعها.

يطلب أن يكون زمن رحلة العودة إلى المورد (وبضمنه زمن التجميع) أقل بخمس دقائق قبل أن يتمكن المستخدم من تجميع كمية مناسبة من الماء لتحقيق مستوى صحي (Hygiene) ملائم. فإذا كان المورد الحالي بعيداً جداً فتحتاج العائلة عادة إلى صنبور (حنفية) يوضع في باحة المنزل أو داخله (انظر الجدول 1) لكي يتحسن المستوى الصحي لأفرادها بشكل معنوي.

**الجدول 1: الاستهلاك المنزلي النمطي للمياه**

| نوع التجهيز المائي | معدل الاستهلاك(*) (ليتر/شخص/يوم) | المدى(*) (ليتر/شخص/يوم) |
|---|---|---|
| نقطة توزيع مشتركة (مثلاً: بئر، مضخة يدوية، أو محطة توزيع) رحلة انكفائية مسافة 500 إلى 1000 متر | 20 | 10 ـ 25 |
| رحلة انكفائية مسافة 500 – 250 متراً | 20 | 15 ـ 25 |
| رحلة انكفائية مسافة تقل عن 250 متراً | 25 | 15 ـ 50 |
| صنبور فناء (نقطة المياه خارج المنزل ولكن ضمن حدوده) | 40 | 20 ـ 80 |
| صنبور منفرد (نقطة المياه داخل المنزل) | 50 | 30 ـ 80 |
| صنابير متعددة | 120 | 70 ـ 250 |

(*) السماح بهدر 20 في المئة من المياه.

ملاحظة: تستخدم كل القياسات في هذا الكتاب النظام المتري. والطرائق المستخدمة لتحويل هذه القياسات إلى وحدات نظام المقاييس الإنجليزية معطى في الملحق 4.

مع أن هذا المستوى من الوعي الصحي يعتمد جذرياً على معرفة أفراد العائلة بالنواحي الصحية وفي سلوكياتهم وممارستهم اليومية وليس فقط على كمية الماء المتاحة لهم.

يعتمد نظام التجهيز المائي على تصاميم «أمد طويل» إلا أنّه لا يستمرّ فعالاً من دون إعادة تأهيل متخصص من فترة إلى أخرى. ويجب الأخذ بنظر الاعتبار خلال مرحلة التصميم احتمال التزايد السكاني خلال فترة التشغيل التصميمية أو مستقبلاً حيث سيتقاطر مزيد من الأفراد لاستخدام المصدر فيصبح مكتظاً بالناس في طوابير. وأنّه لأسباب تتعلق بالتمويل المالي وغيره من المعوقات لا يتم تجهيز الماء إلا بكميات قليلة، فيجب على الخطط المستقبلية أن تجهد لوضع نقاط تغذية مرحلية لتلافي العوز المستقبلي. وهذا، يزيد من احتمال تناول سعة التجهيز للفرد الواحد عندما يصبح التحسين مقدوراً عليه.

كما يجب أن يتضمن التعميم المختار مجالاً للماء المستخدم لسقاية الدواب إن كانت هذه الحيوانات قد تمّ تجهيزها في المصدر المحسن (الجدول 2) علماً بأن استمرار استخدام هذه الحيوانات للمصادر غير المحسنة هو أكثر كلفة من استخدامها للمصدر المحسن المصمم بعناية.

ويجب أيضاً الأخذ بنظر الاعتبار موضوع الري، فإن مثل هذه الاستخدامات قد تقود إلى متطلبات غير محتملة وباهظة الكلفة ما يفرض على المجتمع أن يحدد أو يمنع استخدام المياه من المصادر الجديدة لأغراض الري. ويمكن تدوير المياه المستخمة المنزلية لسقي الحديقة، كما ويتطلب التفكير أيضاً بالمتطلبات المائية لحاجة المؤسسات التربوية كالمدارس، أو للمناسبات الاجتماعية (Public Events)، كالاحتفالات الوطنية والدينية وغيرها.

هذا بالإضافة إلى المتطلبات المذكورة أعلاه، يجب إضافة

عامل سلامة يتناول عدم الدقة في الحسابات وحالات الطوارئ كاستخدام المياه في إطفاء الحرائق الطارئة.

وعند توفر خطط مرحلية للتطوير، فإن عامل السلامة لا يحمل الكثير من الأهمية وذلك لإمكانية إجراء هذه التطويرات أو تأخيرها لملاءمة التغيرات العملية في الطلب. كذلك فإن التحسب للفقد أو الخسارة، وللتسرب غير المحتسب له في الأنظمة المستخدمة للأنابيب هو الآخر أمر ضروري في التصميم (لاحظ أن البيانات في الجدولين 1 و2 قد روعي فيها 20 في المئة خسارة أو فقد) فإذا ما روعي الطلب إجمالاً آخذين بالاعتبار أقصى متطلب مائي في الأسبوع (وليكن احتفالاً جماهيرياً اجتماعياً) مع تقدير ملائم لحجم الفقد أو التسرب بالإضافة إلى عامل الأمان، فإن حساب كلّ ذلك سيعطي قيمة أقصى طلب إجمالي يومي (Maximum Total Daily Demand). وإن هذه القيمة تتغير فصلياً تبعاً للتغيرات المرافقة في الطلب على المياه، أو عندما تجف المصادر البديلة.

**الجدول 2: استهلاك المياه النمطي من قبل الماشية**

| نوع الحيوان | متوسط الاستهلاك (ليتر/حيوان/يوم) محتسب 20 في المئة منه هدر أو فقدان |
|---|---|
| أبقار | 25 ـ 35 |
| خيول وبغال | 20 ـ 25 |
| خراف | 15 ـ 25 |
| خنازير | 10 ـ 15 |
| دواجن | 0,015 ـ 0,025 |

مأخوذ من: (Hofkes (ed.) (1981)).

وبقسمة أقصى طلب يومي على 24 نحصل على متوسط الطلب في ساعة واحدة، وهي قيمة واجب توفرها لأي مصدر مائي مستخدم. فإذا كان المصدر كافياً لتجهيز الماء لمعدل مشابه لقيمة متوسط الطلب في ساعة، سيتوجب استخدام خزين مضاف لملاقاة الحاجة لمتطلبات الذروة (أو ذروة الطلب) (Peak Demands). والسبب في ذلك يعود إلى أن معظم ما يجمع من ماء يتم عملياً خلال ساعات النهار وليس خلال ساعات الليل والنهار.

وفي العادة، حقيقة، أن الحاجة إلى معظم هذه المياه تكون خلال بضع ساعات ذروة في الصباح، وفي منتصف النهار، وفي المساء. وإن معدل الانسياب (Rate of Flow) خلال بعض فترات ذروة الطلب قد تزيد بمقدار 4 إلى 6 أضعاف عن معدل الانسياب في ساعة، وإن استيعاب مثل هذا الطلب يحتاج إلى اهتمام حذر.

كذلك، يتطلب الاهتمام بطرائق تخفيف تزاحم الناس على نقاط التوزيع أو الاستلام خلال هذه الفترات (كأن يصار إلى إضافة صنابير في منصات التوزيع، أو أجهزة تجميع مياه إضافية على الآبار المحفورة باليد). يُظهر المربع 1 مثالاً على تصميم بسيط يبيّن بعض الحسابات الضرورية. ويُظهر المربع 9 في الفصل 3 بعض الفوائد المتوخاة من مصادر الانسياب الواطئ (Low Flowing Sources).

**المربع 1: تقدير الطلب**

**المثال 1: التوزيع التثاقلي للصنابير**

افترض في نهاية فترة التشغيل التصميمية لنظام تجهيز مائي تثاقلي لسكان قرية يقدر عددهم بـ 300 فرد، أن نصف أهل القرية لديهم صنبور منزلي أو ضمن فناء المنزل يجهز 80 ليتراً/ الشخص/

اليوم. وأن النصف الباقي من السكان يحصلون على مياههم من منصات التوزيع بمعدل 20 ليتراً/ الشخص/ اليوم. وأنه من غير المتوقع استخدام الماء للدواب أو للريّ، وأن أنابيب الشبكة مصنوعة من البولي إثيلين ذات التسريب القليل جداً حتّى مع الاستخدام الطويل. إنّه وبسبب تعليم المستهلكين وتدريبهم على طرائق استخدام وإدامة الصنابير، فإن كمية الفقد أو الهدر سوف لا يتجاوز 15 في المئة.

يشتمل الطلب اليومي (بضمنه 15 في المئة هدر فقط) على:

$$1.15 \times [(150 \times 80) + (150 \times 20)] = 17250 \text{ l/day}$$

وهذا يعادل متوسط انسياب يومي مقداره:

$$17250/24 \times 60 \times 60 = 0.2 \text{ l/s} = 11.98 \text{ l/min.}$$

وهذا يعني أنّه إذا كان عامل الأمان 25 في المئة، فإن الحاجة إلى التجهيز من رافد سيكون: $(1.25 \times 11.98) = 15 \text{ l/min}$. من ناحية أخرى ستصبح الحاجة إلى الخزن قائمة لتلافي طلب الذروة خلال فترات معينة من النهار، وهي في نظام الأنابيب تكون أربعة أضعاف هذه الكمية، أي حوالى 60 ليتراً/ الدقيقة.

**المثال 2: التجهيز بالمضخة اليدوية**

في حالة تعسّر التجهيز بالنظام التثاقلي، واضطرار الـ 300 شخص إلى استخدام البئر، أو ثقب الحفر (Borehole) المزود بمضخة يدوية، ولأن هذه الوسائل أقل يسراً من الحصول على الماء من الصنابير في المنازل أو بقربها، فإن متوسط استخدام الماء سيتناقص، ولنقل بمعدل 18 ليتراً/ الشخص/ اليوم. فيصبح الطلب اليومي الإجمالي ذو الفقد المقدر بـ 10في المئة مساوياً لـ 5940 ليتراً/ اليوم.

ويعتمد معدل سحب المياه من البئر على متوسط قدرة المستهلك على سحب الماء. ولدى استخدام ثقوب الحفر فالمتوقع أن يكون مردوده مشابهاً لحاصل المضخة اليدوية. وباستخدام البئر المحفورة يدوياً، وبسبب الحاجة إلى الخزن، فإن بإمكان الماء أن يدخل البئر بمعدل أبطأ من سرعة استخلاص الماء بالمضخة اليدوية (انظر الجزء 1.6.3).

يمكن حساب عدد ساعات استخدام المضخة في اليوم بتقسيم الطلب اليومي الإجمالي بالليترات على معدل الضخ مقاساً بالليترات/ الساعة. ستبين هذه الحسابات احتمالية التجمهر على نقطة التوزيع أم لا. ولإنتاج الطلب اليومي، على الناس أن يقوموا بالضخ طوال ساعات النهار. وحينئذ سوف لا يكون مستبعداً أن المجتمع سوف لن يجد مضخة واحدة أو مصدراً واحداً ملائماً، وستصبح الحاجة إلى مضخة إضافية و/ أو بئر أو ثقب حفر إضافي أمراً ضرورياً.

على سبيل المثال، إن استطاعت مضخة يدوية أن تسحب 18 ليتراً/ دقيقة (أي 1080 ليتراً/ الساعة) وأن هذه المياه استخرجت من بئر، فلتجهيز الطلب اليومي المساوي 5940 ليتراً، سيكون الحد الأدنى لساعات التشغيل:

$$5940/1080 = 5.5\text{hr.}$$

يجب أن تتناغم فترة التشغيل هذه مع سيماء الطلب (Demand Pattern) المقبول لدى المستهلكين. فإذا شاؤوا أن يحصلوا على معظم مياههم خلال 4 ساعات ذورة (على سبيل المثال 5,1 ساعة في الصباح، ساعة واحدة عند منتصف النهار و5,1 ساعة خلال ساعات المساء المبكرة) عندئذ قد تدعو الحاجة إلى مضخة يدوية أخرى.

وبديلاً عن إضافة مضخة يدوية أخرى إلى البئر ذاتها، قد يكون من الأفضل تزويد بئر أخرى في موقع مختلف بمضخة يدوية، وذلك لأن هذه ستخفف المسافة التي يقطعها الناس إلى أقرب مصدر مائي. وهنا تجب ملاحظة أن هذه الفكرة التحسينية قد تعني بأن معدل الطلب للشخص الواحد قد نحتاج إلى زيادته إلى أكثر من 18 ليتراً/ الشخص/ اليوم. وباستخدام بئرين سيختزل العمق الذي يستدعي حفره في كلّ بئر تحت مستوى المياه الجوفية للحصول على الحجم الملائم والضروري للخزن، وذلك لتغطية طلب الذورة. وربما لجعل عملية التشييد أسهل وأيسر.

# الفصل الثالث مصادر المياه

## 1.3 ـ مقدمة

### 1.1.3 ـ المصادر الرئيسة

من الخطوات المهمة في تصميم مصدر مائي أن تختار مصدراً ملائماً للمياه. ويُعنى هذا الفصل بتقديم الأنواع الرئيسة لمصادر المياه وتتطرق بقية الفصل إلى وصف كيفية الحصول على ماء نظيف من هذه المصادر.

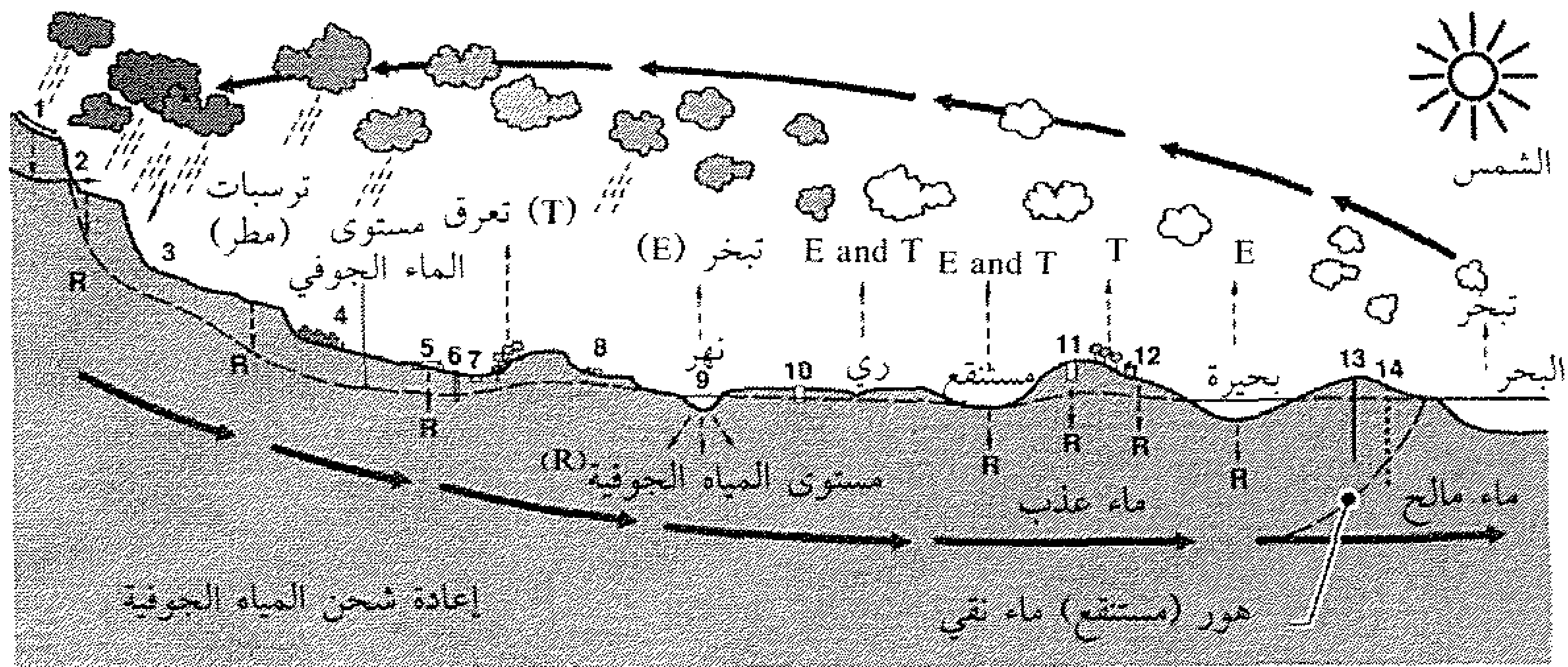
وتجد في الملاحق والمراجع المثبتة في نهاية الكتاب مواد مرجعيّة تعطي مزيداً من التفاصيل حول معظم هذه المواضيع.

وعلى المصدر المائي وحده، أو بالارتباط مع المصادر الأخرى أن يوفر ما يكفي من الماء لعموم المجتمع (انظر الفصل 2). وأن عملية تنقية المياه غير السليمة بظروف القرية أو الريف هي في العادة صعبة جداً بسبب من الكلفة، وقلة الكيميائيات والأدوات الاحتياطية المتاحة، أو لارتفاع مستوى الالتزام أو الخبرات اللازمة والتي لا تتوفر في مستوى المُشغل القروي. لذلك، يصبح من المفيد أن تعتمد مصدراً يزوّدك بماء نقي بدل أن تعمل على تنقية مياه ملوثة. وتجد في الفصل 6 مناقشة موسعة لمعالجة المياه.

يُدَوَر الماء بشكل مستمر حول الأرض في ما يسمّى بـ «الدورة المائية» (Hydrological Cycle) (الشكل 1)، وهنالك ثلاثة مصادر

مهمة للماء. مياه الأمطار، والمياه السطحية، والمياه الجوفية، والتي سوف تبحث بتفاصيل أكثر في الفصول القادمة، إلا أن المربع 2 يصف باختصار كلاً من هذه المصادر.

إن اختيار المصدر الملائم للمياه قد يكون أمراً غاية في الصعوبة؛ لأن ذلك يعتمد على عدد من الظروف المحلية؛ لذلك، فمما ينصح به، أن يلتجئ المرء إلى إرشاد من أحدهم يمتلك الخبرة في هذا العمل. والشكل 2 هو محاولة لتوضيح المنحى الأفضل لحل هذه المعضلة ولكن يجب عدم اتباع هذا المنحى من دون بصيرة وبشكل أعمى.




1. مسرب المياه السطحية
2. حماية الينبوع
3. مياه أرتوازية
4. منصة توزيع
5. خزان سدّ رملي
6. بئر عميقة/ ثقب حفر
7. حصيلة مياه الأمطار
8. مياه أمطار مجمعة من السطوح
9. سدة مرتفعة
10. بئر ضحلة
11. الحفر المرحاضية*
12. صهريج صرف النفايات**
13. بئر نقية
14. بئر ماء مالحة

* إعادة الشحن قد يلوث المياه الجوفية

** لا يوجد إلا في حالات نادرة عندما توجد المياه الجوفية تحت ضغط.

**الشكل 1:** الدورة المائية، نقاط تجميع المياه وإعادة شحن المياه الجوفية.
**المصدر:** WEDC.

**المربع 2: نقاط مفتاحية حول مصادر المياه**

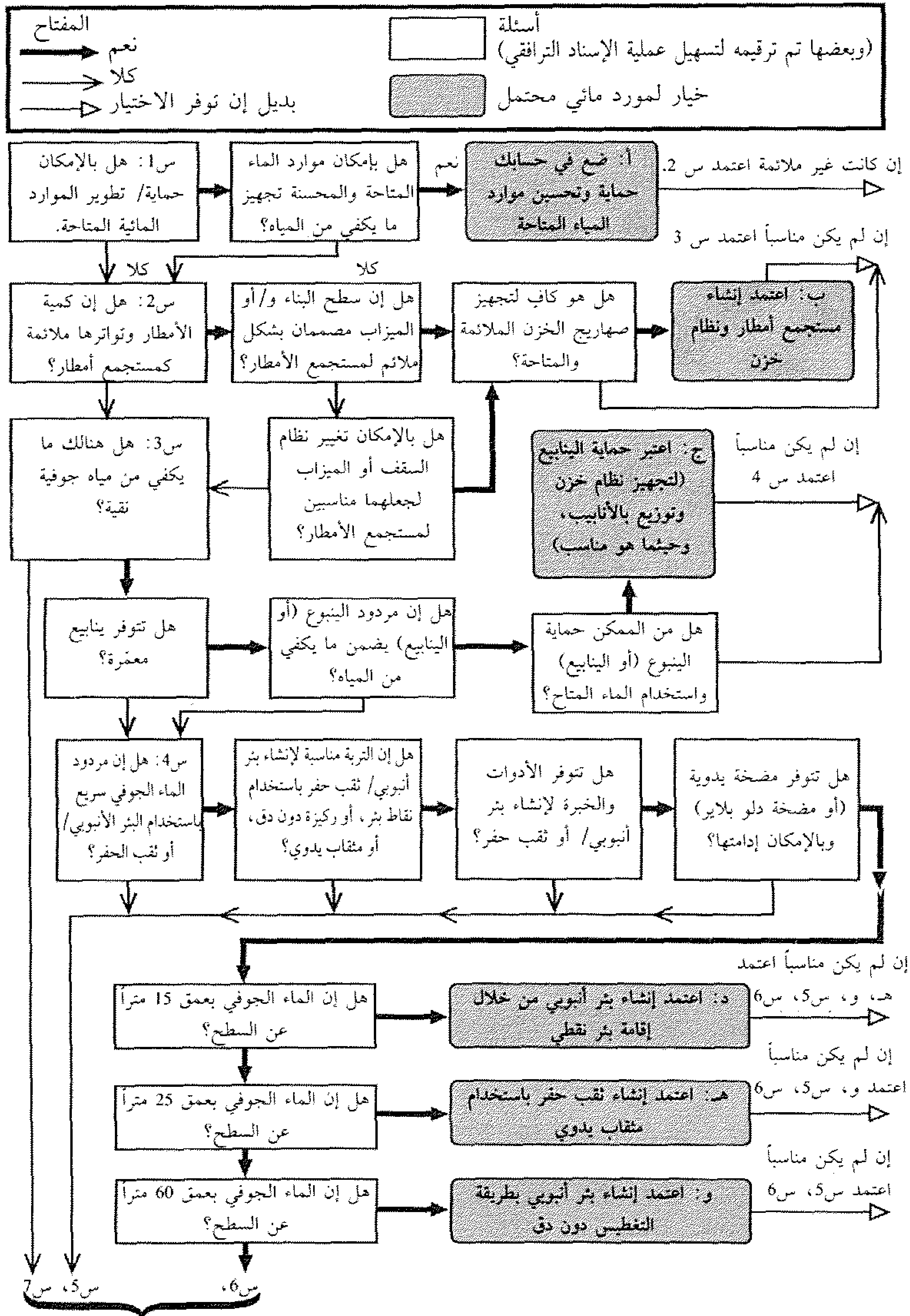
عندما يهطل الماء كمطر، فيجري إما بشكل جداول سطحية أو من خلال الأرض إلى الأنهار التي تأخذه إلى البحر. تسمى مياه الجداول، أو الأنهار، أو البحيرات والبرك بالمياه السطحية، وتسمى المياه التي تنساب تحت الأرض أو تلك التي تنبثق من العيون والينابيع بالمياه الجوفية.

● **مياه الأمطار**: هي في العادة نقية. لذا يمكن جمعها من سطوح المنازل للاستخدام المنزلي إذا كانت سطوح المنازل نظيفة معمولة من القرميد أو من ألواح الخشب أو القماش المقوى، وليس من الرصاص أو الغماء: كالقصب أو سعف النخيل أو البردي. هذا وإن استخدام مياه الأمطار المجمعة كمصدر للماء يكون ملائماً فقط في البلدان التي تتلقى أمطاراً كافية (وفيرة) خلال معظم أشهر السنة. فإن كانت مياه الأمطار شحيحة لفترة طويلة يتوجب أن تصبح خزانات تخزين مياه الأمطار الفردية كبيرة وبالتالي قد يصعب تدبر كلفتها. ومياه الأمطار هي مصدر مفيد بشكل خاص عندما لا تتوفر بقية المصادر أو عندما تكون ملوثة.

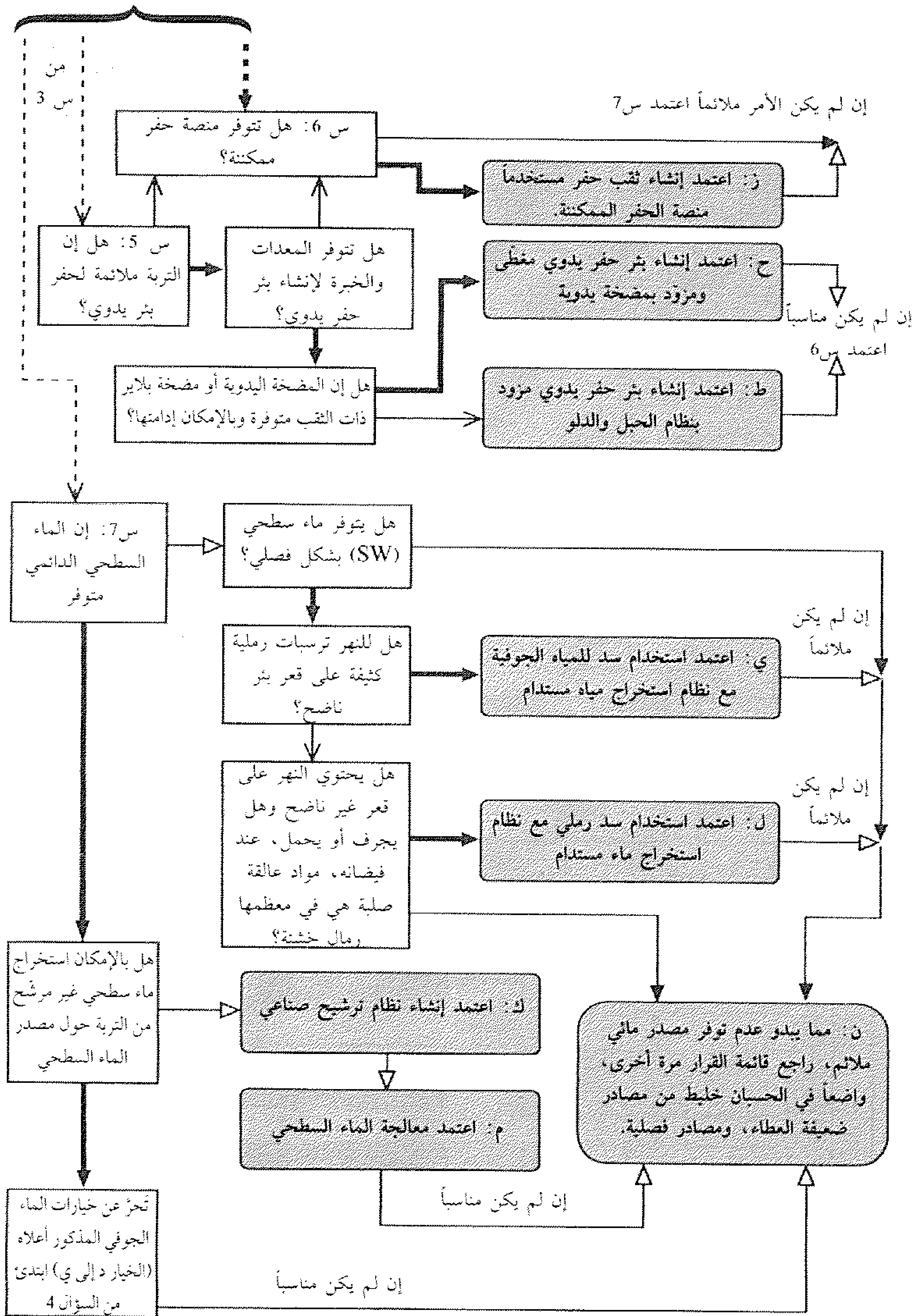
● **المياه الجوفية**: وهي مياه أمطار أو مياه سطحية امتصت داخل الأرض. وهي ليست في العادة مستقرة أو سكونية (Static) فبمجرد تشبع التربة أو فتات الصخور بها، ينساب الماء أفقياً وبنفس اتجاه حركة الماء الجوفي، وقد يكون معدل الانسياب أو الجريان بطيئاً جداً. وغالباً ما تكون المياه الجوفية نقية لأن العديد من الملوثات ترشح عادة عند انسيابها في التربة؛ لاسيما الترب الحبيبية الدقيقة. وفي بعض أنواع الصخور حيث ينساب الماء خلال الشقوق والصدوع لا يتم ترشحها خلال الانسياب. عندئذ قد ينتقل التلوث إلى مسافات طويلة.

● **المياه السطحية**: (مثالها مياه الأنهار والبرك) وهذه المياه تكون في الأغلب ملوثة. ويتوجب تجنب استخدامها كمياه للشرب وإذا كان لا بدّ من استخدامها لهذا الغرض فتصبح معالجتها واجبة.

ويبقى من الأهم أن تجد مصدراً للمياه يزودك طبيعياً بمياه نقية ثمّ تحافظ عليه من التلوث بدل أن تعالج مياه ملوثة من مصدر ملوث.




**الشكل 2:** مخطط قرار - لاختيار مورد مائي.
المصدر: WEDC.


من
س 3
س 6: هل تتوفر منصة حفر ممكننة؟
إن لم يكن الأمر ملائماً اعتمد س7
ز: اعتمد إنشاء ثقب حفر مستخدماً منصة الحفر الممكننة.
س 5: هل إن التربة ملائمة لحفر بئر يدوي؟
هل تتوفر المعدات والخبرة لإنشاء بئر حفر يدوي؟
ح: اعتمد إنشاء بئر حفر يدوي مغطى ومزود بمضخة يدوية
إن لم يكن مناسباً اعتمد س6
هل إن المضخة اليدوية أو مضخة بلاير ذات الثقب متوفرة وبالإمكان إدامتها؟
ط: اعتمد إنشاء بئر حفر يدوي مزود بنظام الحبل والدلو
س7: إن الماء السطحي الدائمي متوفر
هل يتوفر ماء سطحي (SW) بشكل فصلي؟
هل للنهر ترسبات رملية كثيفة على قعر بئر ناضح؟
ي: اعتمد استخدام سد للمياه الجوفية مع نظام استخراج مياه مستدام
إن لم يكن ملائماً
هل يحتوي النهر على قعر غير ناضح وهل يجرف أو يحمل، عند فيضانه، مواد عالقة صلبة هي في معظمها رمال خشنة؟
ل: اعتمد استخدام سد رملي مع نظام استخراج ماء مستدام
إن لم يكن ملائماً
هل بالإمكان استخراج ماء سطحي غير مرشح من التربة حول مصدر الماء السطحي
ك: اعتمد إنشاء نظام ترشيح صناعي
م: اعتمد معالجة الماء السطحي
ن: مما يبدو عدم توفر مصدر مائي ملائم، راجع قائمة القرار مرة أخرى، واضعاً في الحسبان خليط من مصادر ضعيفة العطاء، ومصادر فصلية.
إن لم يكن مناسباً
تحرَّ عن خيارات الماء الجوفي المذكور أعلاه (الخيار د إلى ي) ابتدئ من السؤال 4
إن لم يكن مناسباً

يجب لدى اختيار مصدر مائي أن يتم فحصه لتقدير أهليته في تجهيز ما يكفي من مياه لحاجة المجتمع (انظر الفصل 2). وقد قُدِمَ للتقنيات الخاصة بقياس مردود المصدر في الجزء (2.6.3). ولعله، أيضاً من المهم اختبار نوعية المياه لاسيما إن كانت هنالك تقارير تشير إلى التلوث بالزرنيخ أو الفلوريدات في المياه الجوفية لتلك المنطقة.

### 2.1.3 ـ تقرير نوعية المياه

تصنف الملوثات الكامنة في مصادر المياه إلى ثلاث مجاميع: الكائنات الممرضة (Pathogens) وتشمل البكتيريا، والفيروسات وبيوض الديدان الطفيلية، والكيميائيات (الطبيعية، والناتجة عن الفعاليات والنشاطات البشرية)، وغيرها من الملوثات. وفي المربع 3 اختصار لتفاصيل هذه المجاميع.

**المربع 3: الملوثات في الماء**

- **الكائنات الحية الممرضة**: وهي كائنات محدثة للأمراض مثل البكتيريا والفيروسات، والبروتوزوا (حيوانات أحادية الخلية)، وبيوض أو يرقات الديدان الطفيلية. تحمل معظم الكائنات في غائط الإنسان، وهكذا متى ما قلت النظافة أو الشروط الصحية تصبح المصادر المائية غير المحمية عرضة للخطر.

- **الكيميائيات**: لا تزال المخلفات الكيميائية الزراعية أو الصناعية من الماء بسهولة. عليه فإن اتباع الخطوات اللازمة لمنعها من تلويث ماء المصدر أمر في غاية الأهمية. فالكيميائيات الطبيعية (مثل الزرنيخ) المضرة بالإنسان توجد في المياه الجوفية. وقد يسبب وجود الكيميائيات غير الضارة كالحديد مثلاً، في رفض الناس

للمصدر المائي. والبول والغائط المتحلل يمكن أنْ ينتجا كيميائيات كالنترات مثلاً تدوم لوقت طويل و لاسيما في المياه الجوفية.

● **ملوثات أخرى**: وتشمل مواد صلبة عالقة وأشنات (نباتات مائية دقيقة). وأن بعض هذه الملوثات (مثل دقائق الطين) قد لا تكون ضارة ومع ذلك قد يؤدي ذلك إلى رفض الناس الماء بسببها.

يمكن تفحص المياه لقياس نوع وكمية الملوثات التي تحتويها. ولكن، قد لا يكون هذا الإجراء ضرورياً. كما سيناقش لاحقاً، إن توفرت دلائل أخرى تشير إلى كونه ملوثاً. ويصدق هذا الإجراء في ما يتعلق بالتلوث البكتيري. أما الفحوصات الخاصة بالتلوث الكيميائي فهي مكلفة وغير ضرورية. والاحتكام إلى خبرة شخص له إلمام جيد بالمنطقة ضروري في تقرير أي من الاختبارين (البكتيري أو الكيميائي) يؤخذ بنظر الاعتبار.

إن اختبار وجود كائن ممرض معين في الماء صعب ومكلف. لذلك تجرى عادة فحوصات لاختبار وجود أنواع معينة من البكتيريا هي ليست بالضرورة ممرضة ولكنها توجد في غائط الحيوانات من ذوات الدم الحار فقط. وغالباً ما تكون هذه البكتيريا من المجاميع القولونية ذات مصدر غائطي (Faecal Coliform Group). يستفاد من هذه الكائنات كمؤشرات على وجود تلوث بغائط الحيوانات، وهو مؤشر أسهل في تأكيد وجود الكائنات الممرضة من فحص المياه لتأكيد وجود نوع معين من الكائنات الممرضة. وتستخدم البكتيريا القولونية إشريشيا كولي (E. coli) عادة كمؤشر جرثومي يؤكّد وجوده في الماء تلوث المصدر بالغائط الحيواني. وإن تركيز هذه المجموعة من البكتيريا (أي عددها في 100 مليليتر من الماء) هو مقياس مفيد لدرجة تلوث الماء، كذلك إلى احتمال وجود الكائنات الممرضة فيه.

هذا ويجب من الناحية المثالية، إجراء هذه الفحوصات بصورة دورية ولاسيما بعد عمليات المعالجة، وذلك لمراقبة كفاءة هذه العمليات. ويتوجب أن لا يحتوي ماء الشرب عالي النوعية على أي من هذه البكتيريا (E. coli/ 100 ml = zero) ويتطلب الحصول على هذه النتيجة دائماً عندما يكون الماء قد عولج بشكل صحيح بالكلور. من ناحية أخرى، لا يتوقع أن نحصل على هذه النتيجة في المصادر المائية غير المحمية وغير المعالجة، في المناطق الريفية. ويرى العديد من ذوي الممارسة والخبرة أن مستوى تلوث المصدر إلى حدّ E. coli/ 10 لكل 100 ml يُعد مقبولاً. وان المصادر الملوثة بمستويات تفوق E. 50 coli/ لكل 100 ml تحتاج من دون شكّ إلى دراسة عاجلة لإيجاد طرائق لتخفيف شدّة التلوث. وإن تعسر هذا الأمر أو تعذر فلا بدّ من البحث عن مصدر بديل أكثر نقاوة. وإن تعسر هذا الأمر أو تعذر بدوره فلا بدّ من الأخذ بالحسبان معالجة مياه المصدر الأول (الفصل 6).

وتتوفر اليوم عُدَدَ لأدوات ميدانية (Kits) جيدة للقيام بالفحوصات الكيميائية البكترويولوجية للماء. ومع ذلك لا تعد الفحوصات المختبرية الميدانية موثوقة ما لم يقم بها شخص مدرب تدريباً جيداً لتنفيذ طرائق الاعتيان (Sampling) والفحص (Testing) بصورة صحيحة. وإن بعض هذه الفحوصات يمكن أنْ تكون باهظة الكلفة.

كما ذكرنا في الجزء 4.1 فإن العديد من الأمراض ذات الصلة بالماء تنتشر بطرائق أخرى وإن الماء النقي يتلوث عادة بعد أخذه من المصدر.

لذلك، فإن الاهتمام الذي يُولى لتحسين نوعية الماء في المصدر يجب أن يترافق بسيرورات تدخل لتحسين مستوى النظافة والأساليب الصحية المنزلية. وبديلاً عن فحص المياه، يمكن إجراء

مسح صحي (Sanitary Survey) لتخمين المخاطر الكامنة للماء الملوث بالفعاليات البشرية، فإذا ما شخص وجود خطر كبير فلا داعي لإجراء فحوصات كيميائية أو بكتيريولوجية حتّى يزال هذا الخطر أو يحد من حجمه.

وتجد نصائح جيدة حول المسوحات الصحية في المرجع (Lloyd and Helmer, 1991). من المعروف أن الفحوصات المختبرية تريك الحالة لحظة إجراء الفحص فقط، فيما تكشف المسوحات الصحية الظروف أو الممارسات المسببة لحوادث التلوث المقتطع والتي يمكن أنْ لا تدرك أثناء الاعتيان المرحلي (Periodic Sampling).

وتجد في المربع 4 مواضيع رئيسة تخص نوعية المياه من مصادر غير معالجة.

## 2.3 ـ مياه الأمطار

للحصول على مياه الأمطار للأغراض المنزلية نحتاج إلى سطح تجميع أو حوض غير ناضح لاستجماع المطر، أو إلى نظام تجميع وخزن مؤلّف من أوعية وحاويات أو صهاريج. إن سطوح الاستجماع المرتفعة كسطوح البيوت تنتج ماء ذا نوعية جيدة. وتستخدم أيضاً أحواض الاستجماع الأرضية (Ground Level Catchment) (كالأجران والبيادر أو بسطات الصخور.. إلخ) ولكن نوعية المياه المجمعة تكون عادة فقيرة. إن استخدام مياه الأمطار مناسب بشكل خاص في الحالات المذكورة في المربع 5.

وتجمع مياه الأمطار لأغراض الشرب من السطوح العالية المبنية من القرميد أو أجزاء الصخور الرفيعة والمسطحة (كالألواح الأردوازية)، أو الكسوات وهي أغطية من الخشب أو القماش المعامل بالراتنج الذي لا يتسرب منه الماء، أو المصنعة من الحديد

الملفوف أو الألمنيوم أو الملصوقة بالأسمنت).

**المربع 4: نوعية الماء من المصادر غير المعالجة**

● يتوقع أن تكون ملوثة. يجب العمل مع الهيئة العامة (المجتمع) لاختزال خطر التلوث إلى الحدود الدنيا. وذلك من خلال التصميم الجيد، وطرق تجميع المياه وأساليب النظافة والممارسات الصحية الجيدة.

● عمليات فحص النوعية ليست ضرورية دائماً. وعادة يستخدم الفحص البصري (كالمسح الصحي مثلاً) لتقرير إمكانية تلوث المصدر بالمخلفات البشرية. ويمكن لهذا المسح أن يحدد مصدر التلوث المحتمل.

● إن الاستخدام المنزلي لكميات كبيرة من المياه غير النقية يؤدي إلى تحسن أكبر في صحة العائلة بالمقارنة مع استخدام كمية قليلة من المياه عالية النوعية.

● يتطلب توعية المستخدمين حول كيفية تجنب المياه الملوثة خلال وبعد عملية أخذ المياه من المصدر. فالفائدة من التزود بماء ذي نوعية جيدة من المصدر ستكون قليلة إذا ما تلوث بعدئذ وقبل استخدامه.

**المربع 5: نقاط أساسية حول استخدام مياه الأمطار**

يصبح استجماع مياه الأمطار ذا أهمية خاصة عندما:

● يوجد نمط مناسب لهطول الأمطار خلال السنة، و

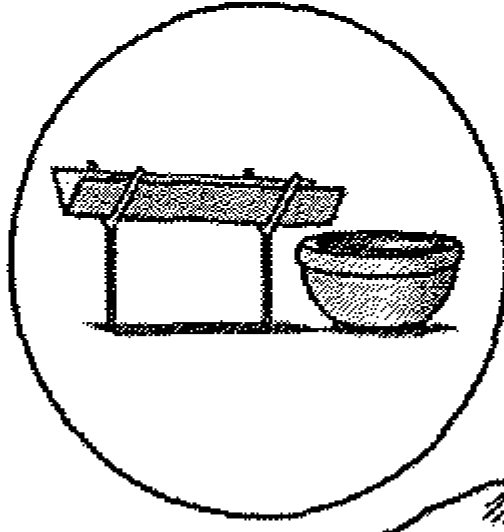
● يحتاج المجتمع إلى استخدامه، و

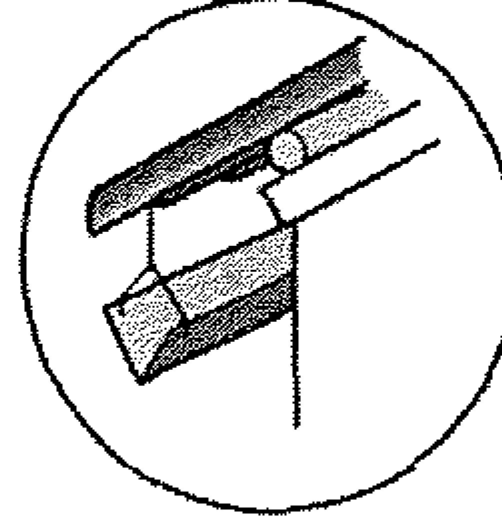
- يتمكن الناس من تغطية كلفة النظام والقيام بإدامته.

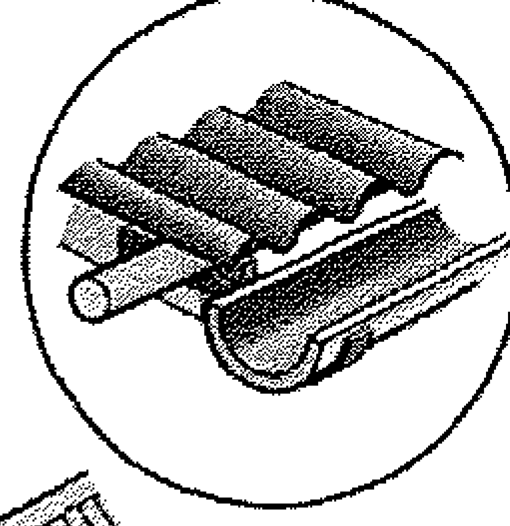
وبالإضافة إلى ذلك عندما تكون بقية المصادر:

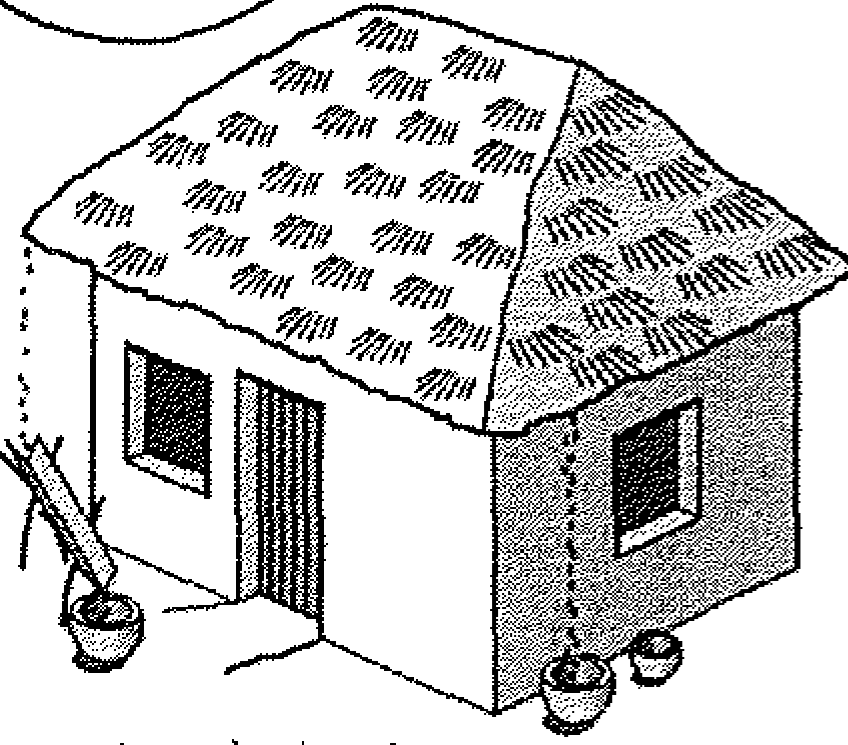
- غير متاحة، أو متاحة فصلياً فقط، أو تكون
- ملوثة أو
- بعيدة، أو
- غير مضمونة وليست ذات موثوقية.

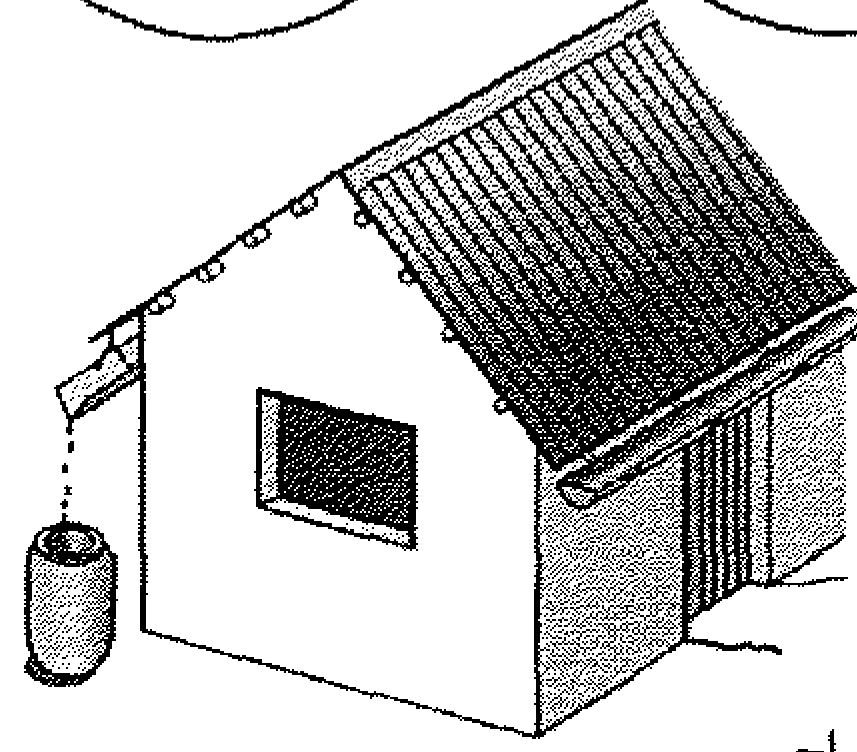
قد تحتوي المياه المستجمعة من السطوح المغطاة جزئياً بالرصاص على مستوى ضار من الرصاص، فلا يجب استخدامها. وتجعل السطوح المغطاة بكسوة من القصب أو الطين أو سطوح القار (كالسطوح القيرية أو المحشوة باللباد) مذاق الماء غير مستساغ. كما إنَّ كسوات السطوح القصبية تشجع على إيواء القوارض التي تخرج كائنات ممرضة تنتقل إلى مياه الأمطار بالنهاية.

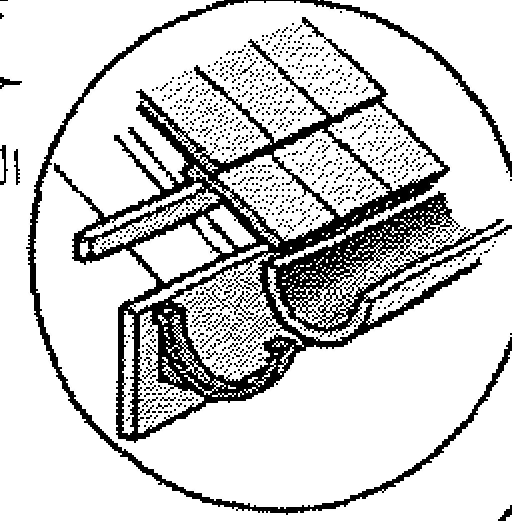


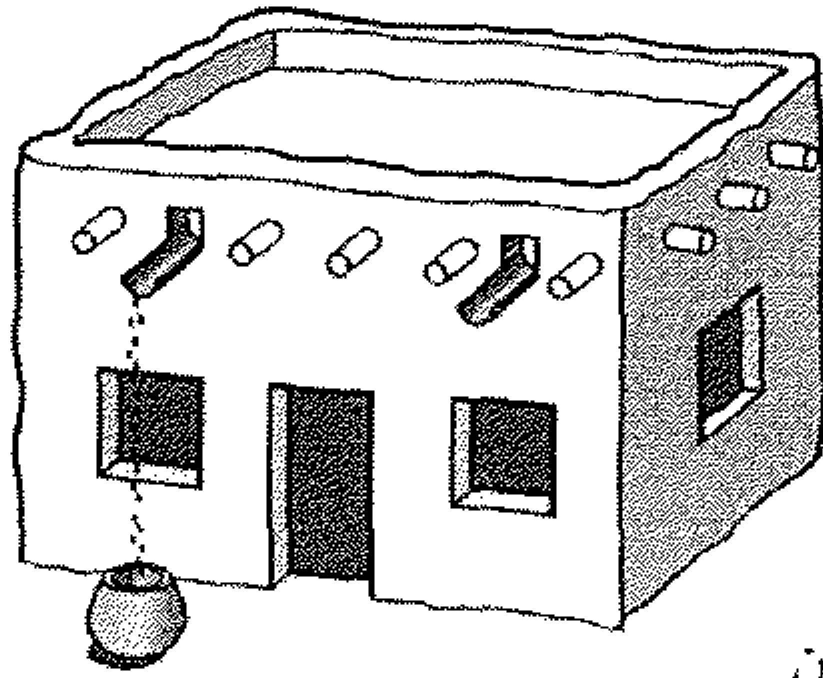



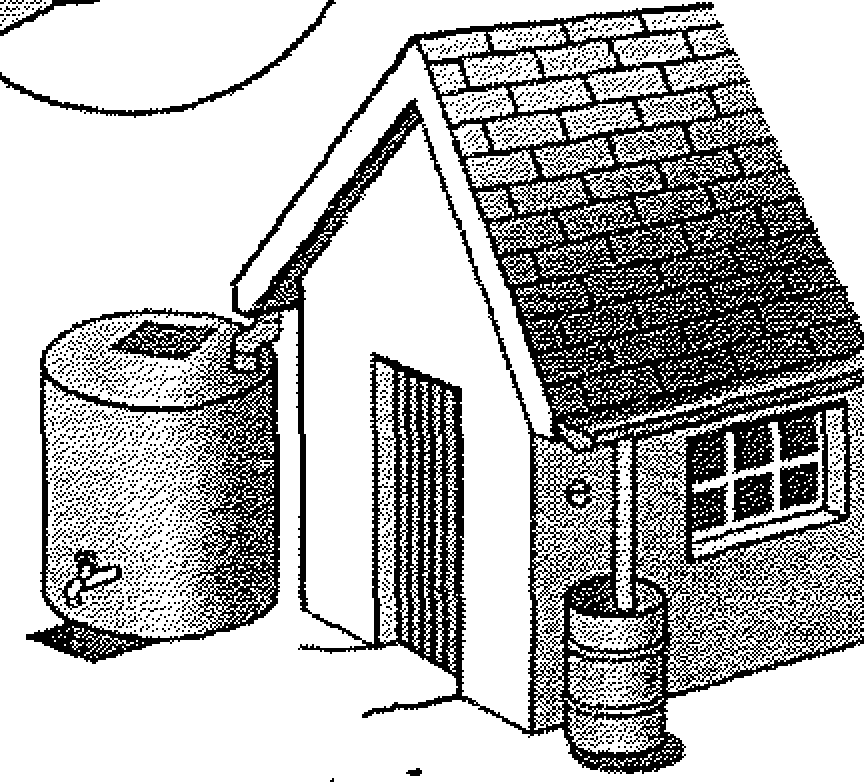



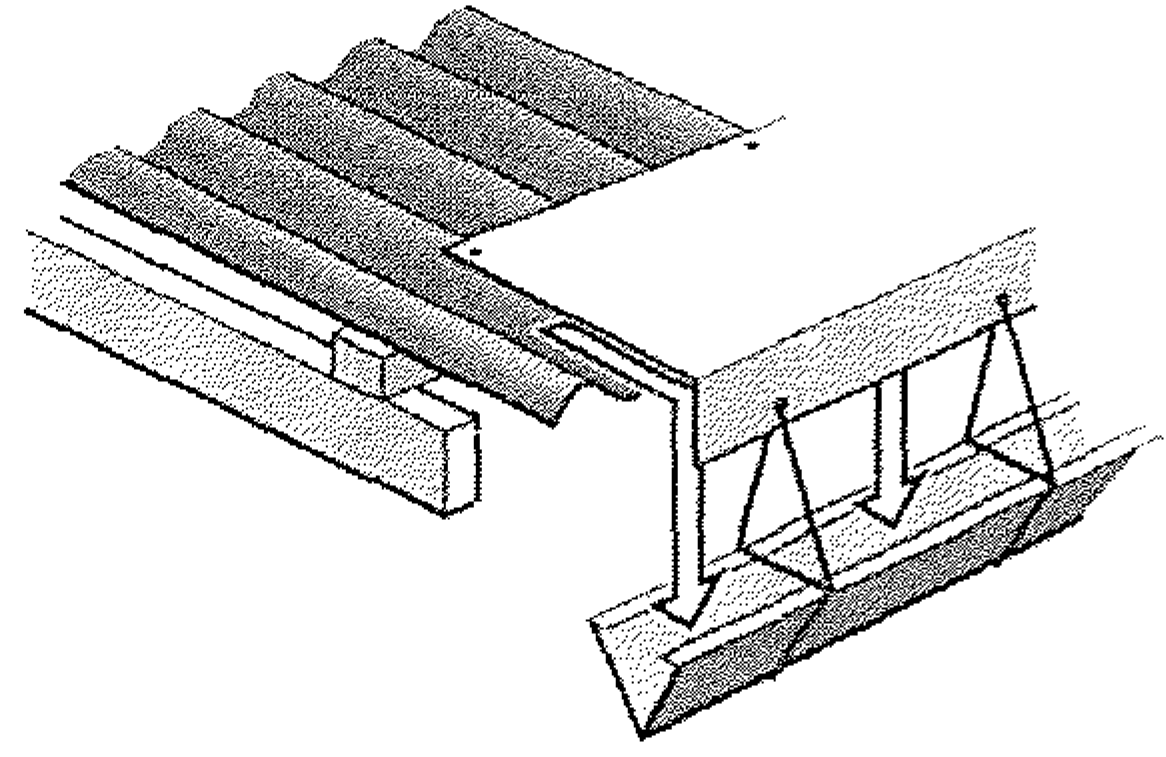



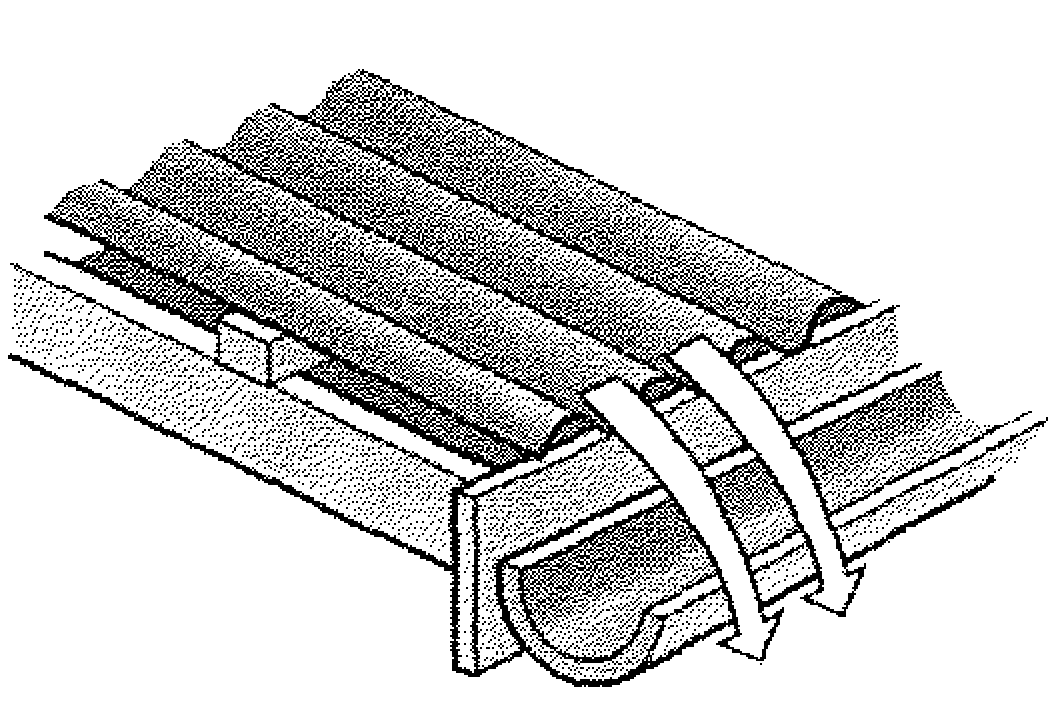

**الشكل 3:** مواد سقوف نمطية مع أنظمة مباريب.
**المصدر:** WEDC.

تتجمع المياه المنسابة من السطوح عادة في ميزاب يجري إلى حافة السطح (الشكل 3). وينخفض الميزاب عادة بزاوية باتجاه أنبوب التصريف (Downpipe) الذي يمتد إلى الخزان أو صهريج التجميع. فإذا ارتخى الميزاب أو انحل عن مكانه تتخلف بركة من المياه بعد المطر، قد تصبح موئلاً لتكاثر البعوض. وإن أبسط تصاميم الميزاب

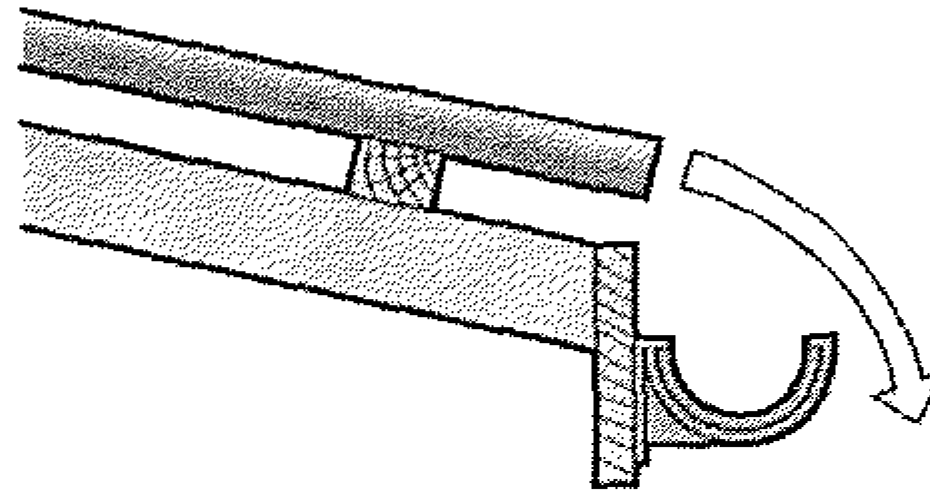
هو النوع المعلق (V) الذي إذا ما استخدم مع صفيحة عاكسة (Deflector Plate) سيمكن وضعه أسفل الميزاب التقليدي (الذي يثبت عادة في لوحة وجهية (Fascia Board))، وبذلك يمكن تجميع المياه الساقطة من السطح (الشكل 4).



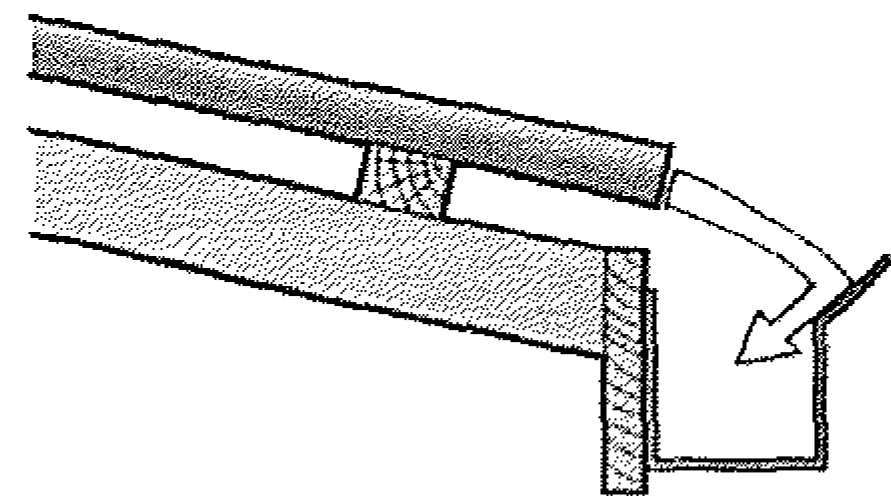
* ماء موجه إلى داخل الميزاب بواسطة لوحة عكس تقوم بإسناد أسلاك معدنية مستخدمة لتعليق الميزاب



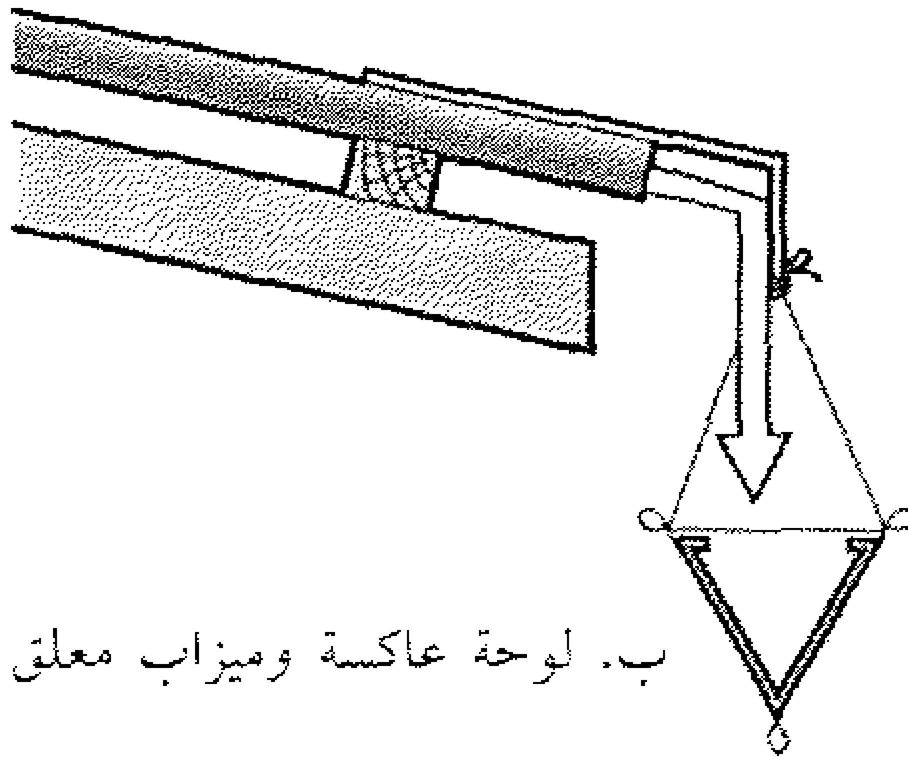
* ماء يتدفق متخطياً الميزاب التقليدي في الحافة السفلى للسقيفة المائلة



أ. ميزاب تقليدي

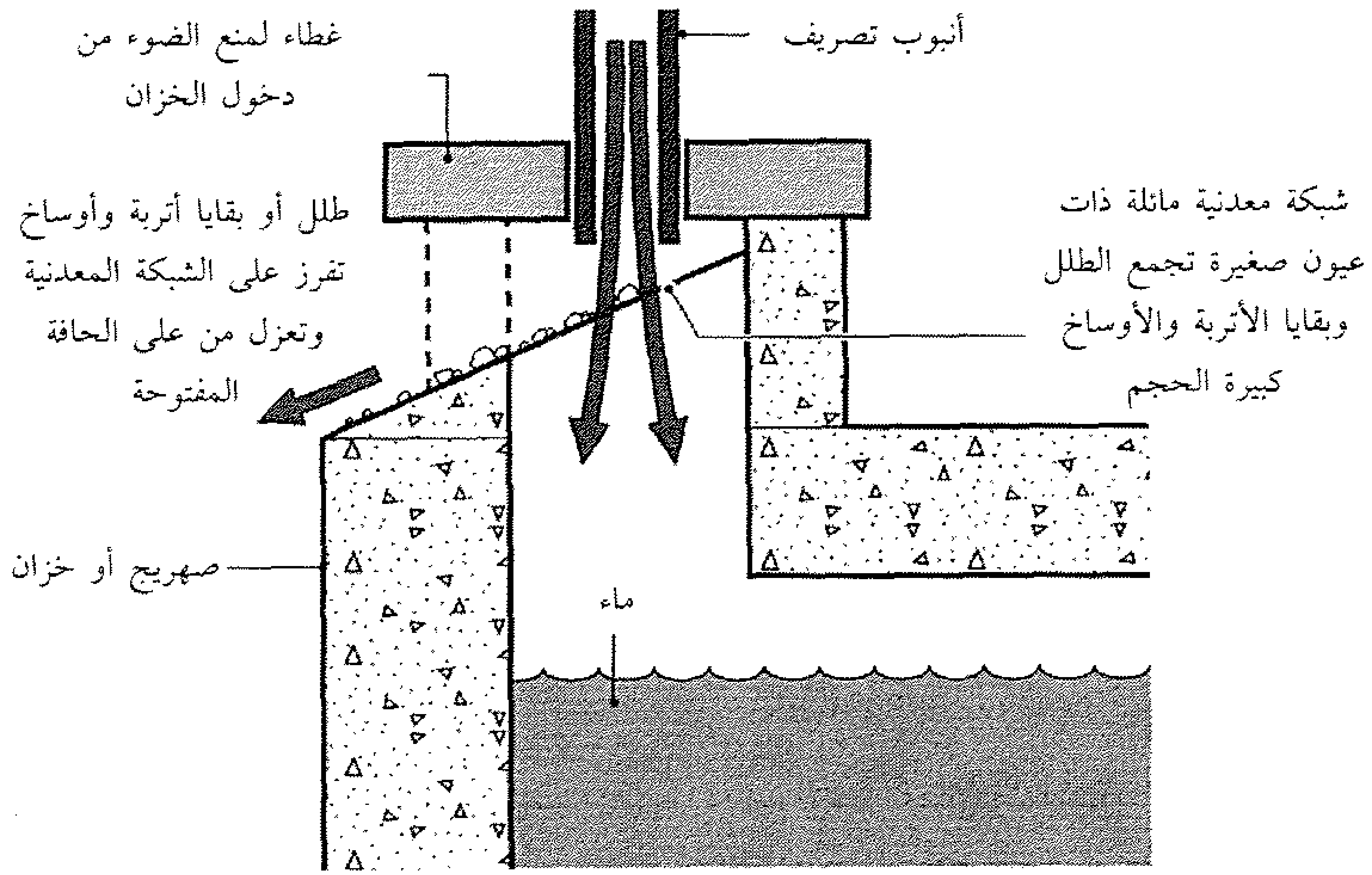


ج. ميزاب ذو حافة مرفوعة

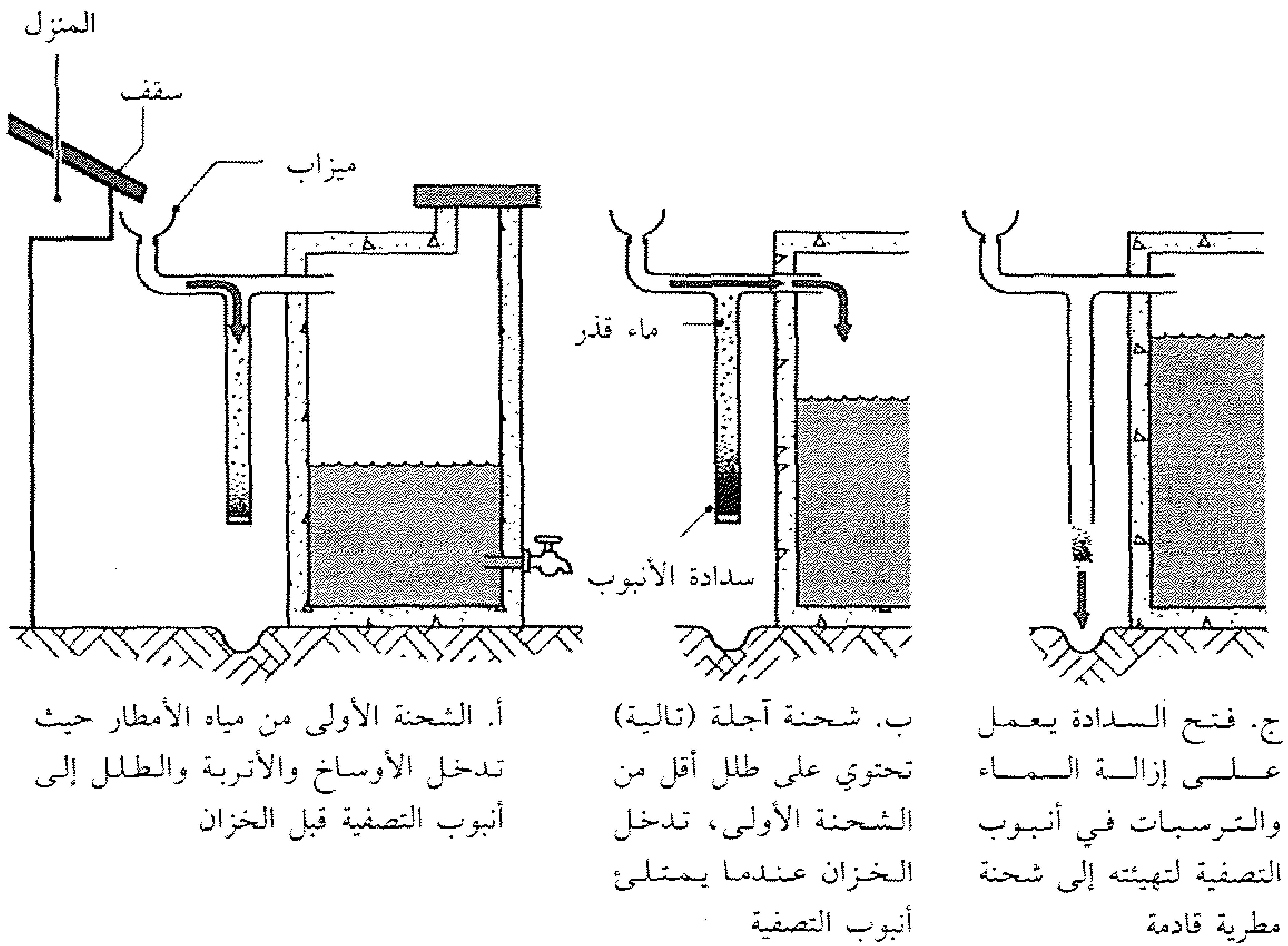


ب. لوحة عاكسة وميزاب معلق

الشكل 4: عاكسات للتدفق المائي وميازيب معلقة.
المصدر: WEDC.




**الشكل 5:** مصفاة معدنية مائلة بزاوية لعزل الطلل وبقايا الأتربة والأوساخ التي قد تصاحب مياه الأمطار.
**المصدر:** WEDC.




أ. الشحنة الأولى من مياه الأمطار حيث تدخل الأوساخ والأتربة والطلل إلى أنبوب التصفية قبل الخزان

ب. شحنة آجلة (تالية) تحتوي على طلل أقل من الشحنة الأولى، تدخل الخزان عندما يمتلئ أنبوب التصفية

ج. فتح السدادة يعمل على إزالة الماء والترسبات في أنبوب التصفية لتهيئته إلى شحنة مطرية قادمة

**الشكل 6:** محول الدفق الأول (First - Flush) لحوض تجميع مرافقي (Sump - Type).
**المصدر:** WEDC.

هذا، ويجب تنظيف السطوح من الغبار والأوراق الميتة، وروث العصافير والطيور التي تشطف إلى الميزاب في المطرة الأولى، قبل بداية موسم الأمطار. ويمكن وضع شبكة سلكية مائلة تحت نهاية أنبوب التصريف قبل دخوله الصهريج مباشرة، لمنع المخلفات (Debris) والشوائب من دخول الصهريج، وهذه الشبكة في الأعم ذاتية التنظيف (الشكل 5). وهنالك اختيار آخر وهو أن تنظم أو ترتب الأنابيب بطريقة يمكن فصلها مؤقتاً من حاوية خزن المياه لاختزال عملية انسياب المياه الأوّلي والتي قد تحمل معظم التلوث إليه، ولهذه الطريقة مثلبة: إذ يتطلب الأمر أن يعمل أحدهم بنشاط أثناء المطر.

ومن الطرق الخاصة بتمويل الانسياب الأوّل بحيث لا يحتاج إلى أن يعمل المرء أثناء المطر هي باستخدام أنبوب مجرور (Sump Pipe) (الشكل 6).

ويتطلب أن يفرغ أنبوب المجرور على فترات من هطول المطر.

**المربع 6: حسابات أساسية حول تجميع مياه الأمطار**

يحتاج المُصمم إلى تقدير كمية مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من سقف منزل معين إلى معرفة مساحة ذلك السقف وكمية الأمطار الساقطة عليه سنوياً.

إن مطراً متساقطاً بمقدار مليمتر واحد على مساحة متر مربع واحد من سقف غير نفاذ (مثل القرميد) يعطي 0,8 ليتراً من الماء، آخذين بنظر الاعتبار الفقد أو الخسارة بسبب التبخر، وغيره من عوامل الفقدان البسيطة. عليه، إن كانت مساحة السقف في المخطط يساوي $8m \times 5m$ وأن معدل هطول المطر السنوي هو 750 mm، فإن مقدار مياه الأمطار التي يمكن تجميعها في سنة سيساوي:

$$5 \times 8 \times 750 \times 0{,}8 = 24000 \text{ l/year}$$

أو $24000/365 = 661$ l/day

ويمكن مقارنة هذه النتيجة مع المتطلبات المتوقعة من قبل الناس الذين يستخدمون هذه المياه للتأكد من احتمال كون مياه الأمطار مصدراً ملائماً لحاجاتهم. فإن كانت الكمية كافية، فالخطوة التالية ستكون أخذ القرار حول كمية الخزين المطلوب للوفاء بالحاجة.

وكمرشد أوّلي لكمية الخزين المطلوبة، يجب حساب كمية المياه التي نحتاج إليها خلال أطول فترة تشح فيها مياه الأمطار، فإذا كانت الحاجة فصل جفاف مكون من أربعة أشهر (137 يوماً) فالحجم الأدنى المطلوب للماء المخزون الذي يجب أن يتوفر في بداية موسم الجفاف هو:

$$137 \times 35 = 4795 \text{ l}$$

أو $4,8 \text{ m}^3$.

وعند اعتماد عامل أمان (Factor of Safety)، في هذه الحالة سيكون من الملائم خزن 5,5 متراً مكعباً في الأقل.

هذا ويتطلب أيضاً إجراء تحليل شهري أكثر تفصيلاً للمياه المجمعة والمستخدمة خلال الفترة التي تسبق فصل الجفاف، وذلك لتقييم معدل الاستهلاك وضمان وجود ما يكفي من المخزون للإبقاء على المتطلبات للماء كافة قبل المطرة المقبلة.

من الملائم الاحتفاظ بماء مطر للاستخدامات المنزلية في خزان بجوار المنزل. فإذا كان الخزان فوق الأرض يمكن تزويده بصنبور لتسهيل الحصول على الماء بطريقة صحية. إن القدرة على خزن ما يكفي من المياه للإيفاء بالأغراض المنزلية جميعاً تشكل في الغالب

مشكلة، وإن خزن ما يكفي من مياه شرب وطبخ هو أكثر معقولية وعملانية إن توفرت مصادر ماء ذات نوعية أوطأ للاستخدامات المنزلية الأخرى (انظر الجزء 3.5 حول طرائق الخزن المختلفة).

هذا وستتحسن نوعية المياه المخزونة مادام الخزان مغطى وأن لا تحتوي المياه على كمية كبيرة من المواد العضوية (انظر الجزء 3.6).

## 3.3 ـ المياه الجوفية

### 1.3.3 ـ مقدمة في المياه الجوفية وطرائق الوصول إليها

كما تمّ ذكره سابقاً، فإن المياه الجوفية في الغالب نقية، لاسيما إذا مرت من خلال ترب حبيبية دقيقة (المربع 2). وبإمكان هذه الترب على عمق مترين، وعندما لا تكون مشبعة إزالة الكائنات الممرضة كافة من المياه تقريباً، وإذا مرّ ماء ملوث خلال ترب ذات دقائق أكبر (كالترب الحصباء)، أو خلال شقوق في الصخر، فإن عملية الترشيح لا تحصل، علماً بأن عدداً من الكائنات الممرضة ستموت في هذه البيئات بعد عدة أسابيع بسبب تدني درجة الحرارة وفقدان المواد المغذية في الماء. ويؤدي وجود الكيمائيات الطبيعية في التربة والصخور أحياناً إلى تكوين تراكيز عالية من الزرنيخ والفلوريدات في المياه الجوفية ما يجعل هذه المياه غير ملائمة للاستهلاك البشري.

وفي حالات أخرى، قد تحتوي المياه الجوفية على تراكيز عالية من الحديد والمنغنيز التي وإن كانت غير ضارة إلا أنّها تجعل المياه مرفوضة من قبل المستهلك بسبب طعمها أو لونها، أو الطريقة التي يصطبغ بها الغذاء أو الملابس. وكذلك، يمكن أنْ تكون المياه

الجوفية حمضية تماماً فتسبب تآكل الأنابيب المعدنية بسرعة حتّى وإن كانت مغلونة.

لتقليل خطر التلوث، يجب أن يكون موقع مصدر المياه الجوفية (بئراً كان أو ثقب حفر أو نبعاً) أبعد ما يكون من بؤر تركز البكتيريا الضارة والفيروسات مثل حفر المراحيض، وصهاريج صرف النفايات (خزانات الترقيد) لاسيما إن وجدت على حافة مرتفعة تعلو موقع المصدر. لذلك، ينصح أن لا تقل المسافة بين المصدر وأي من هذه البؤر عن ثلاثين متراً. وتعتمد المسافة الآمنة هذه على عمق التربة فوق المياه الجوفية ونوعها، وذلك لأن هذين العاملين يحكمان فاعلية سيرورة الترشيح الطبيعي.

من ناحية أخرى، فإن سرعة انسياب المياه الجوفية له علاقة بذلك أيضاً. فإذا زاد زمن انسياب سوائل حاوية على فيروسات وبكتيريا عن 25 يوماً، فإن احتمال المخاطر الصحية يبقى قليلاً وإذا قل عن 50 يوماً، فإن الخطر يصبح شبه معدوم. والمسافة الفاصلة بين مكامن الجراثيم ومصدر المياه الجوفية إن كانت ثلاثين متراً، فهي ملائمة مادام العمق الملائم للتربة غير المشبعة متوفراً، وأن تكون ذات دقائق صغيرة جداً. وفي حالة التربة الحصباء أو الصخرية حيث يدخل التلوث بسرعة خلال الصخور المفتتة والشقوق، عندئذ ينصح أن تكون المسافة أكثر من ثلاثين متراً.

تجب مراقبة نوعية مصادر المياه الجوفية الجيدة للتأكد من عدم تراجع نوعيتها مع الوقت، ويتطلب تحديد إجراءات التحسينات أو التوسيعات الجديدة قرب المصدر، لحماية نوعية هذه المياه.

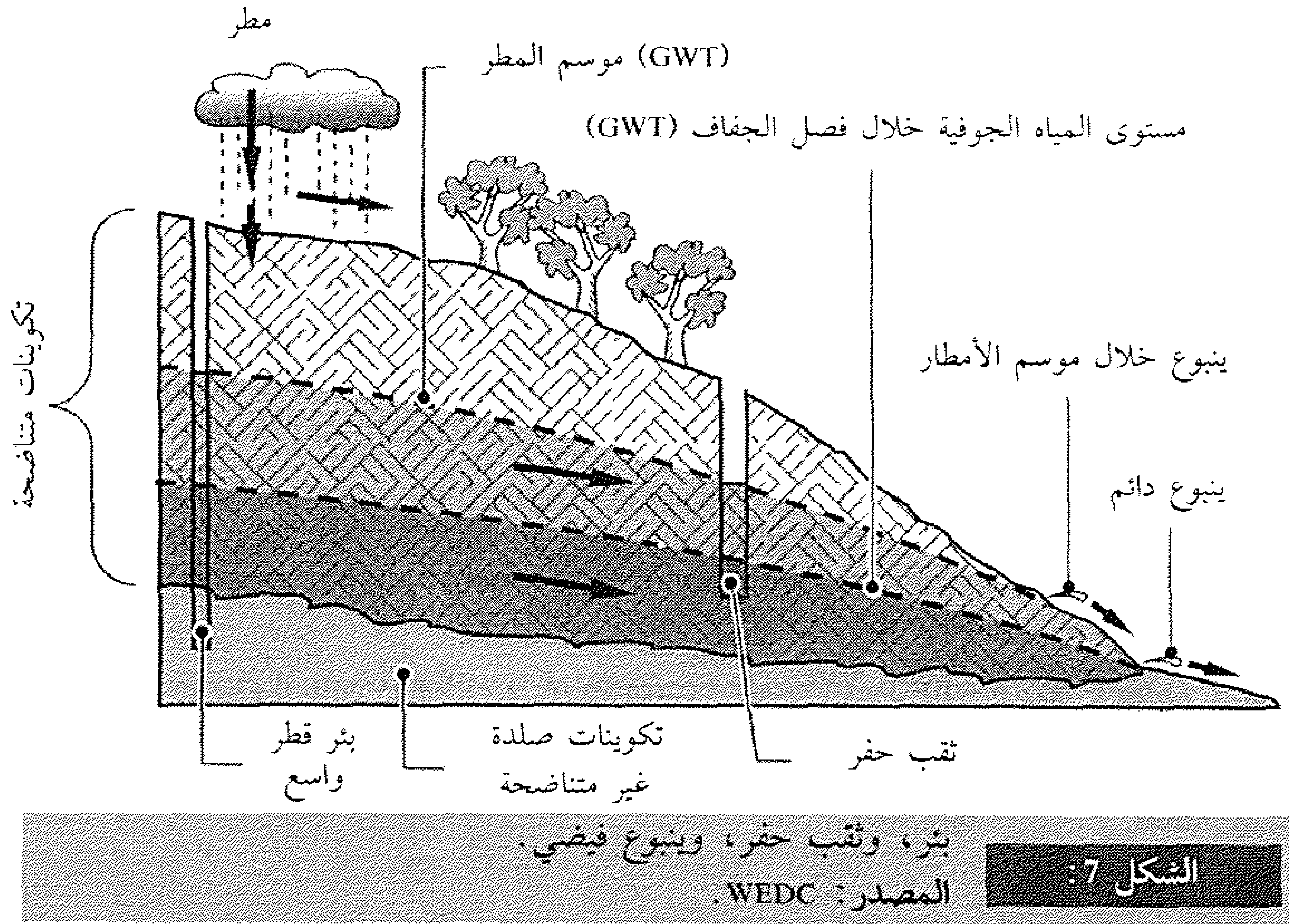
يسمّى تشكيل التربة أو حتات الصخور التي يستخرج منها الماء بالطبقات الصخرية المائية أو المكمن المائي (Aquifer). ولا تُكوّن

بقية أنواع الترب كالترب الطينية مثلاً مكامن مائية وذلك لأنها وعلى الرغم من احتوائها على الماء، فإنه لا يستخرج منها لأنه يكون ممسوكاً بقوة من قبل دقائق التربة الخفيفة جداً (أو جسيمات التربة الدقيقة).

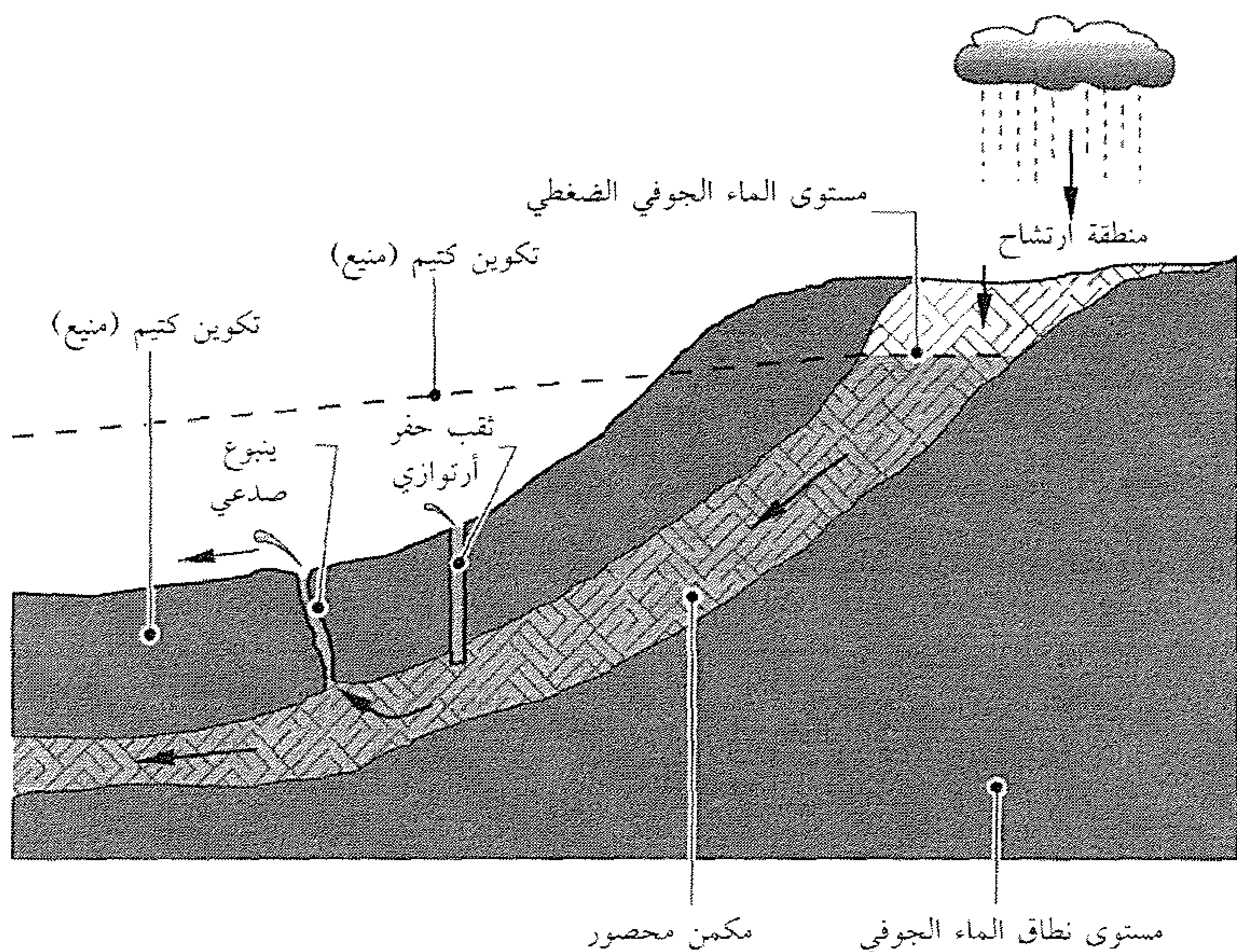
ويسمّى المستوى الذي يُشبع فيه الماء المكمن المائي بنطاق الماء الجوفي (Groundwater Table). وفي التربة الحبيبية المنتظمة (Uniform Granular Soil). قد يستقر نطاق الماء الجوفي ليحتل مساحة شاسعة فلا يهم عندئذ أين سيتم حفر بئر أو ثقب حفر. من ناحية أخرى، في تشكيلات الترب الحصباء والشقوق الصخرية، فإن مستوى الماء الجوفي سيختلف من مكان إلى آخر اعتماداً على عدد الشقوق وأنماطها. وفي مثل هذه الطبقات المائية، فإن موقع ثقب الحفر سيكون حاسماً للحصول على عطاء مائي جيد.

وقد يصل نطاق الماء الجوفي في مكمن مائي بسبب ميلان أو انحدار سطح الأرض عن مستوى سطح الأرض عندها ستنبثق المياه الجوفية من باطن الأرض كينبوع (Spring) (الشكل 7). فإذا كان لذلك الينبوع انسياب كاف خلال السنة فيعد في الأغلب مصدراً مائياً مثالياً. وذلك، على عكس المياه المستخرجة من الآبار وثقوب الحفر لا تحتاج مياهه إلى رفع أو ضخّ لكي تصعد إلى سطح الأرض. والجزء 2.3.3 فيه مزيد من المعلومات حول الطرائق المستخدمة لتجميع المياه من الينابيع. وحينما يكون مستوى الينبوع عالياً عن مستوى القرية أو التجمع السكاني يمكن توزيع مياهه بالتثاقل الأرضي من خلال أنابيب تنتهي في صنابير متموضعة في عدد من النقاط موزعة بالقرب من المستهلكين (الشكل 63) وبانعدام وجود الينابيع يكون البديل الأفضل هو الوصول إلى المياه الجوفية باستخدام آبار محفورة (الجزء 4.3.3) أو ثقب حفر (الجزء 3.3.3).

وعندما يقع نطاق ماء جوفي بين صخور غير نفاذة (Impermeable Rocks) فيسمّى المكمن عندئذ بالمكمن المحصور (Confined Aquifer) (انظر الشكل 8). أما المكمن الأرتوازي (Artesian Aquifer) فهو مكمن محصور ومشبع تماماً، يكون فيه الماء الجوفي مضغوطاً إلى درجة بحيث يرتفع الماء في ثقب الحفر الذي يخترقه ليصل إلى قمة المكمن. ويدفع الضغط أحياناً الماء فيه لينساب أو يتدفق من ثقب الحفر فوق سطح الأرض. ويسمّى ثقب الحفر في هذه الحالة بثقب الحفر الأرتوازي (Artesian Borehole). ويتكون هذا الثقب عندما يلج صدع أو شقّ (Fissure) خلال الطبقة المغلفة العليا للمكمن (Upper Confining Layer) (الشكل 8).




الشكل 7: بئر، وثقب حفر، وينبوع فيضي.
المصدر: WEDC.




**الشكل 8:** ينبوع صدعي أرتوازي وثقب حفر أرتوازي.
المصدر: WEDC.

## المربع 7: نقاط أساسية حول استخدام المياه الجوفية

**محاسن**

- عادة تكون نقية عدا المياه الجوفية من الترب الخشنة أو الصخور الحتاتية، أو لدى وجود كيميائيات طبيعية خاصة.
- غالباً ما تكون متوفرة طيلة أيام السنة، بالقرب من التجمعات السكانية وبكميات وفيرة.

**مساوئ**

- قد يكون الوصول إلى المياه الجوفية مكلفاً، لاسيما إن كانت عميقة.

● تحتاج المياه الجوفية (عدا الينابيع الطبيعية وثقوب الحفر الأرتوزية) إلى وسائل رفع تتقبلها التجمعات السكانية المستفيدة وتقوم بإدامتها.

قبل البدء بحفر بئر أو بنصب عدة الحفر، يتوجب الحصول على أقصى ما يمكن من معلومات حول المياه الجوفية في المنطقة، والموقع الأمثل لحفر بئر أو ثقب حفر هو حينما يكون مستوى نطاق المياه الجوفية أقرب إلى مستوى الأرض. فعند الأنهر والمستنقعات والينابيع وفي المناطق المنخفضة (الشكل 1) تكون المياه الجوفية قريبة من سطح الأرض. علماً بأن هذه المياه عندما تكون بهذا العمق الضحل تكون عرضة للتلوث بالفعاليات البشرية على سطح الأرض. وتؤشر بعض الأشجار، أو النمو الكثيف للنباتات في فصول الجفاف إلى أن المياه الجوفية قريبة من مستوى سطح الأرض. ومما يساعد أيضاً في اكتمال المعرفة قبل الشروع بالحفر ملاحظة مستوى الماء في الآبار المفتوحة الموجودة، والحديث مع الناس الذين قاموا بحفرها. حاول التعرف أيضاً على حالة التربة المحلية، فوجود طبقة من الصخور، على سبيل المثال قد يجعل من عملية حفر البئر أو مثقب الحفر اليدوي لثقب الحفر أمراً مستحيلاً، إذ إنّه من الأيسر عندئذ استخراج الماء من الرمال والحصى.

ومتى ما يتعين بأن التجهيز المائي من المياه الجوفية هو أمر مناسب عندئذ يجب الانتباه إلى خمس طرق أساسية للوصول إلى هذه المياه وهي:

- البئر الأنبوبية المساق (Driven Tubewell)
- البئر الأنبوبية النافثة (Jetted Tubewell)
- ثقب الحفر اليدوي أو بمثقاب يدوي (Hand -augered Borehole)

- ثقب الحفر الآلي (Machine - Drilled Borehole)
- بئر محفورة يدوياً (Hand - Dug Well)

إن لِكُلّ من هذه التقنيات محاسنه ومساوئه وقد نوقشت هذه الأمور باختصار في ما يلي، كما ذكرت تفاصيل موسعة حول كلّ من هذه الاختيارات في الجزء 3.3.3.

**البئر الأنبوبية المساق**: مصنوع من أنبوب خاص يدقّ بمطرقة إلى داخل تربة مناسبة، وهو أسهل أنواع الآبار التي يمكن حفرها.

وتشمل الترب غير المناسبة لهذه البئر: الترب الطينية الثقيلة (Heavy Clay) والترب الصخرية (Rocky Soils)، أو الرملية بعمق 10 ـ 15 متراً.

يحتاج أنبوب البئر إلى مرشحة خاصة تسمى «Wellpoint» مثبتة في نهايته السفلى. وعادة يصعب توفر هذه المرشحات محلياً. وفي الحقيقة إن الآبار الأنبوبية المساق ليست شائعة الاستخدام بل قلما تستخدم.

**بئر أنبوبية نافثة**: وتتكون هذه البئر عندما ينبثق الماء المضغوط تحت الأرض من ثقب ضيق إلى سطح الأرض. ولتكوين هذا النوع من الآبار الأنبوبية يضخ الماء بواسطة مضخات آلية عبر أنبوب يتم حشره في التربة تدريجياً. وهذه الطريقة تلائم الترب ذات الدقائق الناعمة المنتظمة حيث يمكن حشر الأنبوب إلى أكثر من 80 متراً في العمق. إن طريقة التنقيب من خلال الغرس الأنبوبي (الشكل 19) لا تحتاج إلى مضخة لضخ الماء أو ضغطه. وبالعكس، هي تستخدم النفث المعاكس أو العكوسي للتخلص من تربة الحفر العالقة في الأنبوب.

**ثقب الحفر اليدوي أو بمثقاب يدوي**: وهو نوع من ثقوب

الحفر بسيط ويمكن حفره بكلفة متدنية في الترب الرملية وإلى عمق يزيد عن 25 متراً في غضون بضعة أيام. ويستعان عادة بحامل ثلاثي الأرجل ومرفاع (آلة رفع) يدوية لرفع ساق الحفر والبريمة المليئة بالتربة أثناء تحضير هذا المصدر.

**ثقب الحفر الآلي**: وهي الطريقة الأكثر كلفة للوصول إلى المياه الجوفية لاسيما عند استخدام منصات حفر كبيرة. بإمكان هذه المنصات حفر عدة أمتار من الصخور بسهولة ويسر وصولاً إلى أعماق تزيد عن مئة متر. هذا ويصعب إيجاد مضخة يدوية مناسبة للوصول إلى المياه إن تخطى مستوى النطاق الـ 45 متراً عمقاً. بل وحتّى إنَّ بعض ثقوب الحفر العميقة جداً قد لا تجد فيها ماءً، لذلك من الأفضل الاستعانة بخبير لاختيار موقع الحفر.

ولقد توفرت في السنوات الأخيرة منصات حفر بسيطة تمزج بين قدرة الإنسان والآلة مما قلل بشكل كبير كلفة ثقوب الحفر. كما إنَّ بعض هذه المنصات قابلة للنقل حيث يمكن شحنها على ظهر شاحنة صغيرة (بيك آب)، ونصبها في الموقع يدوياً.

**الآبار المحفورة يدوياً**: وتنجح هذه المصادر حيثما تفشل الآبار الأنبوبية وثقوب الحفر. ولعل هذه الحالة تحصل عندما يوجد الماء في الأرض، ولكنه ينضح ببطء إلى داخل البئر الأنبوبية، فيما ينضح القسم الأغلب من الماء على مساحة واسعة خارج الأنبوب. ومع ذلك، فإن فائدته الأساسية تنحصر في قدرة خزنه الكبيرة. وهذا يعني أنّ كمية كبيرة من الماء يمكن سحبها خلال ساعات النهار من دون أن تجف البئر، وتعوض الكميات المسحوبة من المياه من التي نضحت إلى البئر من الماء الجوفي المحيط، خلال الليل.

قد تستنزف عمليات حفر وتغليف البئر يدوياً جهداً كبيراً ـ يُقدّر بخمسة رجال ـ أيام لِكُلّ متر عمق ـ بالإضافة إلى أنّها تكون مصدر خطورة للعمال غير المهرة أو ممن يفتقرون إلى التجربة والخبرة.

عليه، يقترح أن لا تقام الآبار عندما لا تتوفر طرق الحفر الأخرى وعندما يتوفر شكّ بعدم وجود الماء على عمق يزيد عن 40 متراً من سطح الأرض.

من المحاسن الرئيسة للآبار المحفورة يدوياً أن يتم استخراج الماء منها باستخدام طريقة الحبل والدلو البسيطة (الجزء 1.2.4) فطريقة ثقب الحفر الضيق التي ذكرت سابقاً تحتاج عادة إلى مضخة يدوية قد يصعب توفيرها في بعض المجمعات السكنية. ويصف الجزء 1.2.4 بديلاً مناسباً لذلك يتمثل بدلو ذي صمام ضيق يسمّى «دلو بلاير» (Blair Bucket).

وعلى عكس العديد من التقنيات المستخدمة في ثقوب الحفر، فإن من غير الممكن إقامة بئر محفورة يدوياً دون/ أو تحت مستوى نطاق الماء الجوفي. وعليه يجب أن يتم الحفر تحت المياه الجوفية في نهاية فصل الجفاف من السنة، حيث يصبح نطاق الماء الجوفي في أدنى مستوى له. ويجب أن لا يعاق الحفر اليدوي بالماء بحيث تتطلب الحاجة إلى طريقة سحب فاعلة للمياه الجوفية من البئر أسرع من معدل دخوله إلى البئر، خلال فترة الحفر.

يُظهر الجدول 3 المحاسن الأساسية وكذلك المساوئ المرتبطة بالآبار المحفورة يدوياً بالمقارنة مع ثقوب الحفر البسيطة والآلية.

### 2.3.3 ـ الينابيع

ينبثق الينبوع من مكمن يصل فيه مستوى نطاق الماء الجوفي سطح الأرض. وتحصل هذه الحالة عندما تكون طبقة المادة غير الناضحة تحت المكمن بمستوى سطح الأرض أو قريبة منه (الشكل 7). وبديلاً عن ذلك فالينابيع يمكن أنْ تنبثق عندما تكون الصدوع الصخرية المليئة بالماء بمستوى سطح الأرض.

## الجدول 3: مقارنة بين الآبار وثقوب الحفر

| الآبار المحفورة يدوياً | ثقوب الحفر اليدوي | ثقوب الحفر الآلي |
|---|---|---|
| طريقة مرنة يمكن اعتمادها لعدد من حالات التربة طالما توفرت المادة المبطنة | ليست في العادة ملائمة عند وجود صخور كبيرة أو طبقات صلبة | تتوفر معدات لكل أنواع الترب ولأعماق كبيرة |
| هنالك حاجة للباطون، وبعض التدعيم، ومواد متوفرة محلياً كالرمل أو الطابوق اللازمين في عمليات التبطين | نحتاج إلى أنابيب تغليف لثقب الحفر | نحتاج إلى أنابيب تغليف |
| يمكن بسهولة تكييف البئر ذات الفم الواسع لأدوات رفع المياه البسيطة التي تسمح لأكثر من شخص واحد من سحب الماء في الوقت عينه | نحتاج إلى مضخة يدوية، أو مضخة تدار بالقدم، أو دلو بلاير. ولا يتمكن إلا شخص واحد في المرة الواحدة من الحصول على الماء | نحتاج إلى مضخة يدوية، أو مضخة تداربالقدم أو دلو بلاير. ولا يتمكن إلا شخص واحد كل مرة من الحصول على الماء |
| توفر البئر خزاناً أو مستودعاً مائياً مفيداً لتجميع المياه وخزنها من تكوينات الأرض المغّلة للماء تدريجياً. | يعني حجم الخزن القليل في ثقب الحفر أنه ملائم لمكمن مائي قليل العطاء | يعني حجم الخزن القليل في ثقب الحفر أنه ملائم لمكمن مائي قليل العطاء |
| يبدو أن العدد الكبير من الاشخاص المساهمين في تكوين البئر هي سمة حسنة إذ إنها تقود في بعض الأحيان إلى زيادة من الشعور بالامتلاك الجمعي للبئر. ناهيك بأن الطريقة تستخدم عمال غير مَهرة يعملون مع بعض العمال المدربين | هنالك مثلبة محتملة هي أن ثقب الحفر اليدوي يحتاج إلى عدة أشخاص فقط ما يقلل من المساهمة الجماعية وما يرافقها الشعور بالامتلاك الجمعي للمصدر | هنالك مثلبة محتملة فثقوب الحفر الآلية تحتاج إلى عدة اشخاص فقط ما يقلل من المساهمة الجماعية وما يرافقها من شعور بالامتلاك الجمعي للمصدر |
| تحتاج إلى وقت طويل | سريعة نسبياً | سريعة نسبياً |
| تحتاج إلى موارد تبطين ثقيلة وجسيمة قد يتم نقلها بشاحنة | تحتاج إلى القليل من المعدات التي يتم نقلها إلى الموقع | تحتاج إلى منصات ثقيلة وإلى طرق إيصال خاصة إلى الموقع وقد تعوق الأمطار وفصولها من نقل هذه المنصات |
| تحتاج إلى فريق عمل دؤوب من العمال لا يثنيهم العمل الشاق. تكون عمليات بناء البئر عادة أكثر كلفة من كلفة ثقوب الحفر المقامة على نفس العمق | تحتاج إلى بضعة أفراد والعمل ليس بتلك الدرجة من المشقة، وعادة أوطأ كلفة من البئر | تحتاج فقط إلى بضعة أفراد وتقوم الآلة بمعظم العمل الشاق، وعادة أكثر كلفة كلفة من البئر |

| | | |
|---|---|---|
| لا يتمكن الحفر اليدوي من الولوج بسهولة في التربة الصلبة أو الصخرية، وإن كان الأمر يسهل باستخدام الضاغطات والمطارق الهيدروليكية وحتى المتفجرات إن استدعى الأمر. | يصعب اختراق التربة الصلبة | تتوفر المعدات والآليات اللازمة لحفر جميع أنواع الترب وإلى أعماق كبيرة |
| يصعب الحفر اليدوي في بعض الترب دون مستوى الماء الجوفي. ويمكن التقليل من هذه المشكلة من خلال حفر الجزء النهائي من البئر في نهاية فصل الجفاف، ومع ذلك قد يصعب الحفر، بسبب دخول الماء إلى الأنبوب عندما يتم الحفر تحت مستوى المياه الجوفية تحسباً من جفاف البئر خلال سنوات الجفاف الطويلة | بإمكانها الولوج بعمق إلى ما دون مستوى المياه الجوفية وحتى في الترب الرملية الرخوة. وهكذا يسهل إقامة ثقوب حفر بعمق دون مستوى الماء الجوفي | بامكانها الولوج بعمق إلى ما دون مستوى المياه الجوفية وحتى في الترب الرملية الرخوة. وهكذا يسهل إقامة ثقوب حفر بعمق دون مستوى الماء الجوفي |
| اقترنت الآبار مفتوحة الفوهة واستخدام وسائل رفع المياه البسيطة بمخاطر التلوث ويمكن تلافي ذلك بتغطية فوهة البئر واستخدام مضخة يدوية. ولكن هذه الوسيلة تحدد الاستخدام بشخص واحد لكل مرة ما لم تستخدم عدة مضخات يدوية بنفس الوقت. يجب إدامة هذه المضخة لضمان التجهيز الدائمي من المصدر (ويمكن تجهيز البئر بمدخل مسيطر عليه بقفل للاستعانة بدلو وحبل يستخدمان في حالات الطوارئ) | خطر التلوث من قبل المستهلكين أقل خلال عملية رفع الماء | خطر التلوث من قبل المستهلكين أقل خلال عملية رفع الماء |
| يصعب أن يكون كبير العمق (غالباً ليس بأكثر من 20 متراً ونادراً أكثر من 30 متراً) | يصعب الحفر بالمثقاب اليدوي إلى عمق كبير (نادراً ما يزيد عن 30 متراً ما لم يصادف الحفر تربة طينية أو رمال ناعمة حيث يمكن الوصول إلى عمق 60 متراً). ولا يمكن الاعتماد عليه غالباً. | يمكن الوصول إلى أعماق كبيرة |
| وجود مخاطر سلامة تعترض الحفارين (وكذلك للمستخدمين إذا ما تركت الفوهة مفتوحة) | مخاطر سلامة قليلة ولا تذكر | مخاطر سلامة محدودة |

والمناطق المثلى التي يُبحث فيها عن الينابيع تكون على جوانب التلال ومنحدراتها وفي الوديان التي كانت تجري فيها الأنهار. وقد يستدل ـ من خلال نمو الاعشاب والنباتات الخضراء في مناطق جافة على وجود ينبوع قريب من سطح الأرض وربما ينبوع يمكن اكتشافه من خلال تتبع مصدره إلى أعلى هذه المناطق. وغالباً ما يكون السكان الاصليين قاطني المنطقة ولاسيما النساء، من أفضل الأدلاء والمرشدين، إذ إنهم على دراية بمعظم الينابيع في منطقتهم وفيما إذا كانت دائمية خلال السنة أو تجف كلما أقبل فصل الجفاف.

تكون مياه الينابيع في الأغلب نقية ولكنها قد تتلوث إن كانت ضمن بركة مفتوحة أو تنبثق وتنساب على الأرض مما يوجب حماية الينبوع بشكل أو آخر بحيث يمكن تجميع الماء منه من دون أن يصيبه التلوث. وتلخص الطرائق الرئيسة الثلاثة في حماية الينبوع في المربع 8.

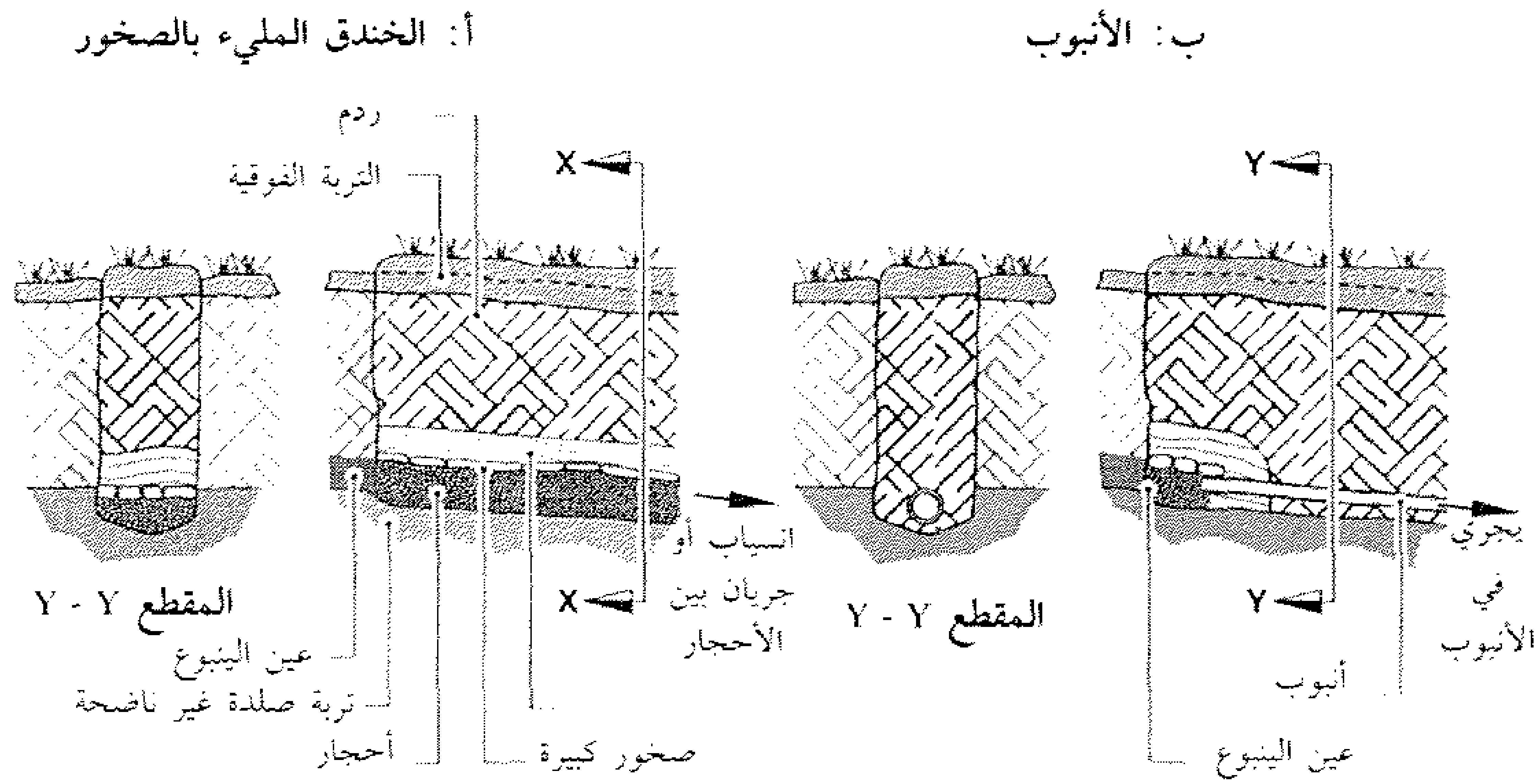
**المربع 8: أهداف حماية (صون) الينبوع**

يصان الينبوع للأغراض التالية:

- لحماية الينبوع من التلوث.
- لتحسين إمكانية إيصال الماء إلى المستهلكين.
- لزيادة انسياب الماء وإدامته أيضاً.

من المهم التحقق إن كان الينبوع قد تكوّن من مياه تنضح من الأرض وليس من مياه المطر الجارية فوق سطحها والتي تكون امتصت داخل الأرض لمسافة قصيرة بمحض مصادفة ليس إلا. وبالإمكان التحقق من ذلك بفحص جريان الماء من الينبوع وقياس درجة حرارته بعد وقت قصير من هطول المطر. فإذا تغير معدل الجريان ودرجة الحرارة بسرعة، بعد توقف عاصفة مطرية مثلاً، فهذا

يؤشر إلى احتمال أن يكون ماء الينبوع، أو جزء منه، ماءً سطحياً، لم ينق بشكل ملائم بالترشيح الطبيعي خلال التربة.



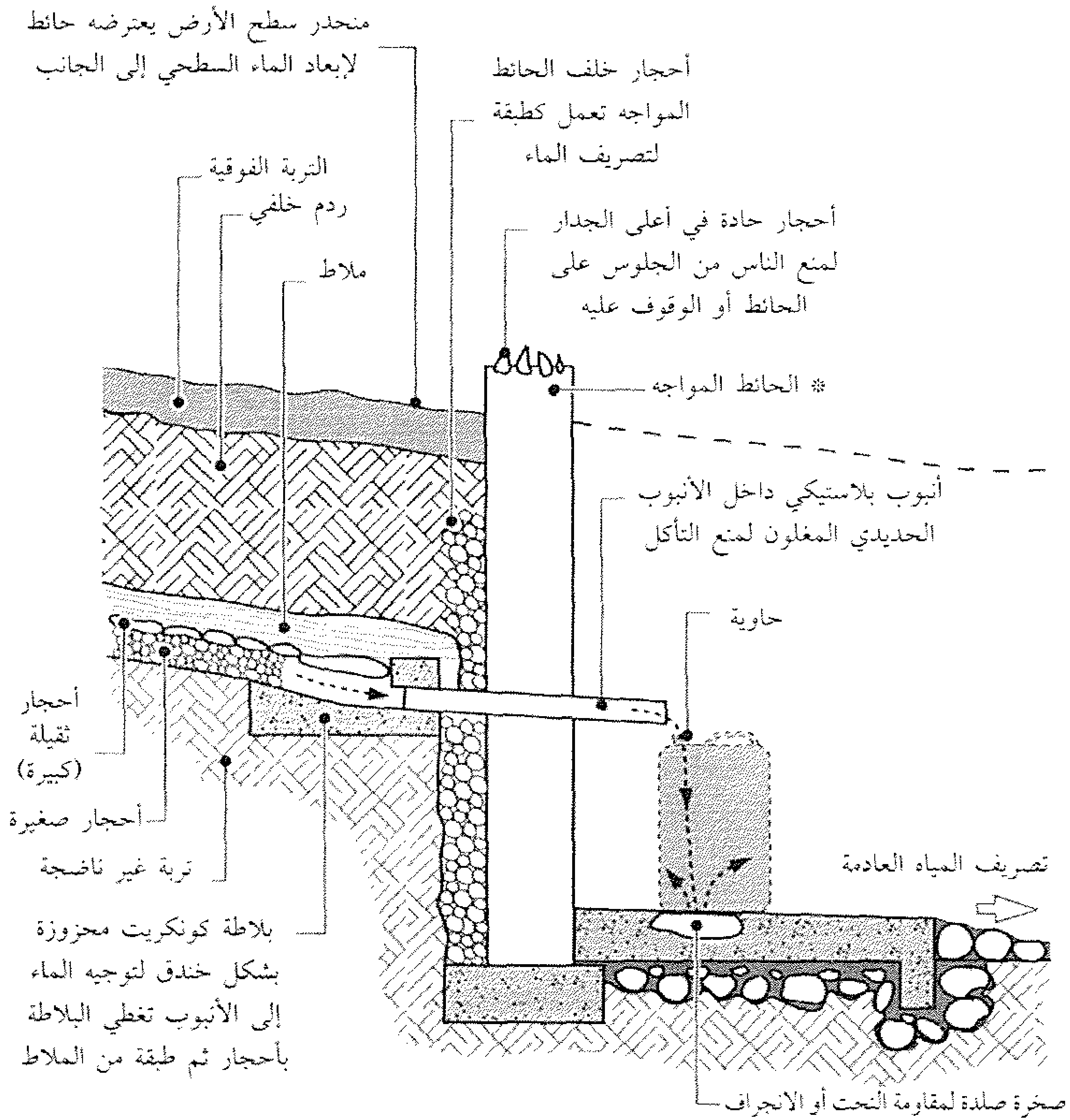

**الشكل 9:** طريقتان لتحصيل الماء ونقله من عين الينبوع.
**المصدر:** Shaw (1999).

ويمكن فحص عطاء الينبوع والتحقق منه كما جاء في الجزء 6.3، وللمحافظة على (صون) ينبوع من تلوث كامن، يُنصح بحفر جانب التل على امتداد الطبقة الحاملة للماء لقنص الماء من تحت الأرض. وكلما كان الحفر عميقاً في الأرض كلما حوفظ على الماء من التلوث السطحي. وإذا تركز الجريان في نقطة واحدة (تسمى عين الينبوع) يمكن استخدام حيطان من الطين أو الكونكريت أو الطابوق لمواجهة الجريان وتوجيهه إلى أنبوب أو خندق مليء بالصخور ومحزوز في الطبقة الكتيمة غير الناضحة (الشكل 9). ويستخدم الأنبوب أو الخندق المليء بالصخور لحمل الماء إلى منطقة إخلاء أو بلاطة ومصرف للمياه (الشكل 10)، أو تحويلها إلى صهريج أو خزان.

ولإيقاف انجراف أو نحت التربة المحيطة بعين الينبوع يتطلب عادة استخدام مرشح من أحجار متدرجة الحجم. كما يجب أن يكون الأنبوب أو الخندق المليء بالحجر الممتد من العين ذا حجم كبير لحمل أقصى معدل جريان متوقع خلال السنة. وإذا تعذر ذلك، يجب تزويد منطقة

العين بأنبوب طفح (Overflow Pipe) إضافي، أو خندق مليء بالحجر وذلك لمنع مستوى الماء في النطاق أن يرتفع فوق مستواه الطبيعي.

وعند توفر عيون متعددة مختلفة، يمكن تصريف الماء من كل منها إلى أنابيب منفصلة تصب داخل غرفة فحص صغيرة مزودة بأنبوب طفح. يجب أن يكون مستوى أنبوب الطفح تحت مستوى أوطأ العيون بحيث لا يفيض الماء راجعاً في أي أنبوب باتجاه العيون. ويُنقل الماء من غرفة الفحص بأنبوب واحد إلى نقطة تجهيز المياه، أو إلى صهريج تخزين بمستوى منخفض.




**الشكل 10:** تفاصيل الحائط المواجه النمطي في الينابيع المحمية (المصونة).
**المصدر:** Shaw (1999).

قناة لتصريف المياه السطحية

سياج

حجر ردم خلفي

طين مُسوَّط

أنبوب تنظيف ملتوٍ إلى أعلى حيث السطح ويغطى بسدادة (لانزال السدادة عند الحاجة ويصب ماء نظيف داخل الأنبوب لغسل الفتحات الضيقة في أنبوب التجميع)

أنبوب تجميع مثقب في خندق الترشيح

أ

أ

صندوق نابضي (ازيل الغطاء للتوضيح)

بلاطة إزارة (صَبّة)

قناة تصريف

بوابة ذاتية الغلق

مخرج للماء الفائض والراشح من أنابيب الصرف

أعشاب ليفية

تربة فوقية

ملاط

منطقة ارتشاح الماء (نزيز)

حجر ردم خلفي

أنبوب تجميع

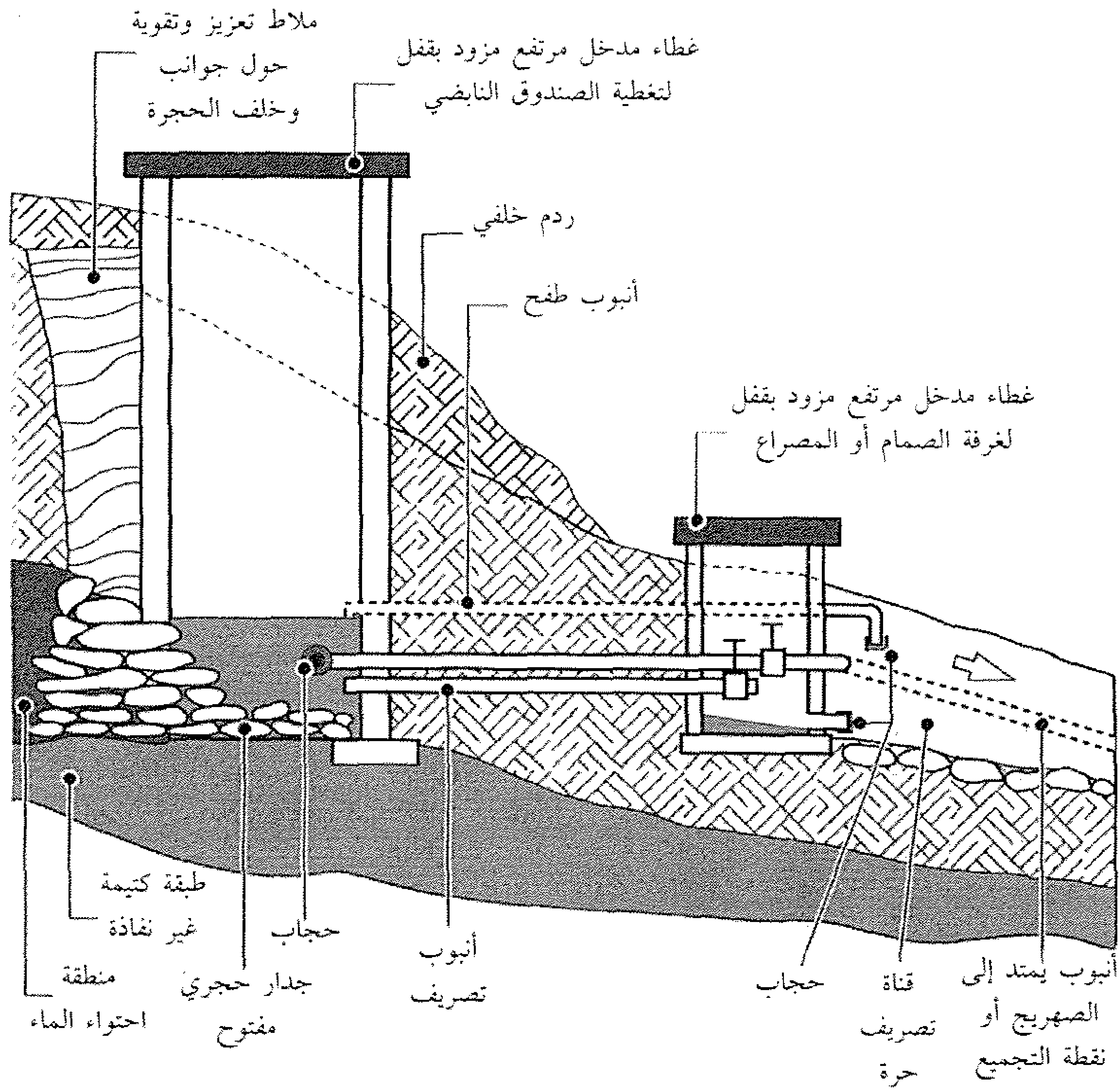
**المقمع أ ـ أ: خندق ترشيح**

**الشكل 11:** ينبوع مع خندق ترشيح وصندوق نابضي.
**المصدر:** Guoth - Gumberger (1987).

في حالة عدم تركز الجريان في مكمن مائي ونضوحه (نزّه) إلى منطقة واسعة، يمكن أن يتم التصدي للمياه بتركيب خنادق مليئة بالحصى على امتداد المنحدر وذلك لتجميع المياه النازة.

ويمكن أن تحتوي الخنادق على أنابيب مثقبة لتحسين معدل الجريان عبرها (الشكل 11). كما ويجب بناء سدود طينية أو جدران غير نفاذة باتجاه كل خندق. تعمل هذه الجدران على تجميع المياه الجوفية ومنعها من أن تهدر إلى جانب المنحدر.

ويقام أحياناً في مركز العين صندوق نابضي (Spring Box) مكون من صندوق صغير مع جدار ناضح يدخل الماء من خلاله إلى داخل الصندوق (الشكل 12).




الشكل 12: صندوق نابضي نمطي.

من المهم عند القيام بأعمال حفر بالقرب من العين أن لا يُعمق الحفر إلى داخل الطبقة الكتيمة تحت نطاق المكمن المائي. فإذا ما أزيلت هذه الطبقة في أي نقطة فإن ماء المكمن سيتسرب ويفقد خلال الفجوة. ويتعاظم هذه الخطر عند بناء الصندوق النابضي. ومما تجب ملاحظته أن الصناديق النابضية الكبيرة لا وجوب لها في العادة في موقع العين. وإذا اقتضى خزن المياه فمن المستحسن أن يوضع الصندوق على بعد من العين أو تحتها. وإذا تقرر ذلك فسنحتاج إلى حفر خندق ضحل في موقع العين لتوجيه المياه إلى الأنبوب الذي يتصل بالصهريج. ويتجنب هذا الحفر الضحل خطر ثقب الطبقة الكتيمة تحت المكمن المائي.

وهنالك سبب آخر لوضع صهريج الخزن بعيداً عن العين وتحت مستوى الينبوع هو لضمان بقاء مستوى الطفح أو الفيض دون مستوى العين.

**المربع 9: مثال لتبيان منافع الخزن في الينابيع**

إذا كان معدل جريان ينبوع 2 ليتر/ الدقيقة فنحتاج إلى عشرة دقائق لملء صفيحة جيري (Jerrycan) حجمها حوالي 20 ليتراً، وهذه فترة من الزمن قد تُصيب أي مستهلك بالحبط. إلا أن هذا الينبوع يوفر في الوقت عينه وخلال 24 ساعة 2880 ليتراً ($2 \times 60 \times 24$)، أي ما يكفي 140 شخصاً للاستخدام اليومي على أساس أن حصة الفرد في اليوم هي 20 ليتراً. وفي حالة انعدام الخزن اللازم لتلبية حاجة الـ 140 فرداً سيتوجب تجميع المياه في موقع الينبوع ليلاً ونهاراً.

عليه، وللاستخدام الأمثل للماء من الينبوع لا ينبغي هدر أي كمية منه. ويقتضي لذلك، حساب حجم الصهريج المطلوب لتجميع

المياه الفائضة عندما لا يحتاج الناس إلى تجميعها، فعلى سبيل المثال، عندما يوقف تجميع المياه بين الساعة السابعة مساءً والسادسة صباحاً (11 ساعة أو 660 دقيقة)، أي إن حجم المياه سيساوي:

2 × 660 = 1320 ليتراً (وفي الواقع العملي يتوجب تجميع كمية أكبر من المياه لحساب عامل السلامة أو الأمان).

يمكن سحب المياه من الصهريج من خلال صنبور قطره 20 مليمتراً بمعدل 20 ليتراً/ الدقيقة مادام الصنبور ينخفض بـ 8 أمتار، في الأقل عن قاعدة الصهريج وذلك لتسليط ما يكفي من الضغط على الماء لكي يندفع بهذه السرعة. وهكذا يمكن الآن ملء صفيحة سعة 20 ليتراً بدقيقة واحدة بدل 10 دقائق، وسيحتاج الـ 140 شخصاً إلى 140 دقيقة (2.33 ساعة) من اليوم فقط لتجميع مياههم.

من ناحية أخرى، وحيث إن حجم الصهريج هو 1320 ليتراً عند تمام ملئه، فإنه سيخزن ما يكفي فقط من الماء لسقاية 66 شخصاً. وهذا يعني أن على المستهلكين أن يحصلوا على حاجتهم في أوقات مختلفة خلال فترة النهار لفتح المجال أمام الصهريج لكي يعاد ملئه بحيث لا ينعدم الماء فيه بعد سقاية أحدهم. وإذا ما فرغ الصهريج عندئذ سيتحول معدل الجريان من الصنبور إلى 2 ليتر بدل 20 ليتراً/ في الدقيقة.

كما تم توضيحه في المربع 9، فإن الفوائد الرئيسة المتوخاة من خزن مياه الينبوع تنحصر في إمكانية الحصول على الماء من صهريج الخزن بمعدل أسرع بكثير من معدل جريان الماء من الينبوع. والفائدة المهمة الأخرى هي أن الصهريج يقوم بتجميع الماء الذي كان سيهدر (كالمياه التي تجري هباء من المصدر ليلاً أو في زمن توقف السقاية على سبيل المثال).

ألاحظ، أيضاً أن الصنبور الاعتيادي المثبت مباشرة على جدار الصهريج واطئ الموقع، ومع ذلك يندفع منه الماء ببطء لقلة الضغط المسلط عليه. لذلك، من المستحسن أن يثبت الصنبور دون مستوى قعر الصهريج أو يتصل به بأنبوب. عندئذ، سيزداد ضغط الماء، ما يجعله يندفع من الصنبور بمعدل أسرع وأسهل.

من المهم عند توفر الينبوع أن يُمنع ارتفاع مستوى في المكمن فوق مستوى الحد الأقصى الفصلي له، وذلك حذراً من انتقال الينبوع إلى موقع آخر. ولضمان ذلك يجب وضع أنبوب الطفح الممتد من الصندوق النابضي دون مستوى عين الينبوع دائماً. ويجب أيضاً تغطية أنابيب الطفح بقطعة قماش لمنع البرمائيات والبعوض من دخولها والتعشيش في صهريج الخزن.

هذا ويجب أيضاً تغطية أي أعمال بناء في موقع العين بطبقة من مادة كتيمة وغير نفاذة كالكونكريت سماكة 100 مليمتر أو الملاط سماكة 150 مليمتراً.

وتشكل هذه التكوينات طبقة كتيمة غير نفاذة مناسبة لوقف دقائق التربة أو التلوث ومنعها من الدخول بسهولة إلى المادة الحبيبية الموضوعة في المنطقة التي يغادر منها الماء المكمن (الشكل 9 والشكل 11). ويُعمل الملاط بمزج التربة الطينية مع كمية قليلة من الماء وعجنها بالأقدام حتى تصبح متجانسة المرونة.

وقبل أن يتم دفن أعمال البناء والمخلفات وغيرها يقتضي تحديد موقع الينبوع على أساس نقاط موضعية ثابتة ووضع علامة ثابتة ووضع علامة على سطح الأرض هي كناية عن صخرة كبيرة أو كومة صخور صغيرة مجمعة. وتساعد هذه العلامة في تحديد موقع عين الينبوع وإعادة حفره في حال حصول أي مشكلة.

يجب أن يرتفع السطح العلوي للصندوق النابضي أو حجرة الفحص أو صهريج الخزن فوق سطح الأرض بمقدار 300 مليمتر في

الأقل، وذلك لمنع دخول المياه السطحية الجارية إن وجدت. ويجب أن يزود أي غطاء لضمان عدم دخول المياه السطحية إلى الداخل.

يجب تصريف المياه السطحية بعيداً عن الينبوع لتجنيب المياه الجوفية من التلوث والتي تكون عادة قريبة من السطح في موقع الينبوع.

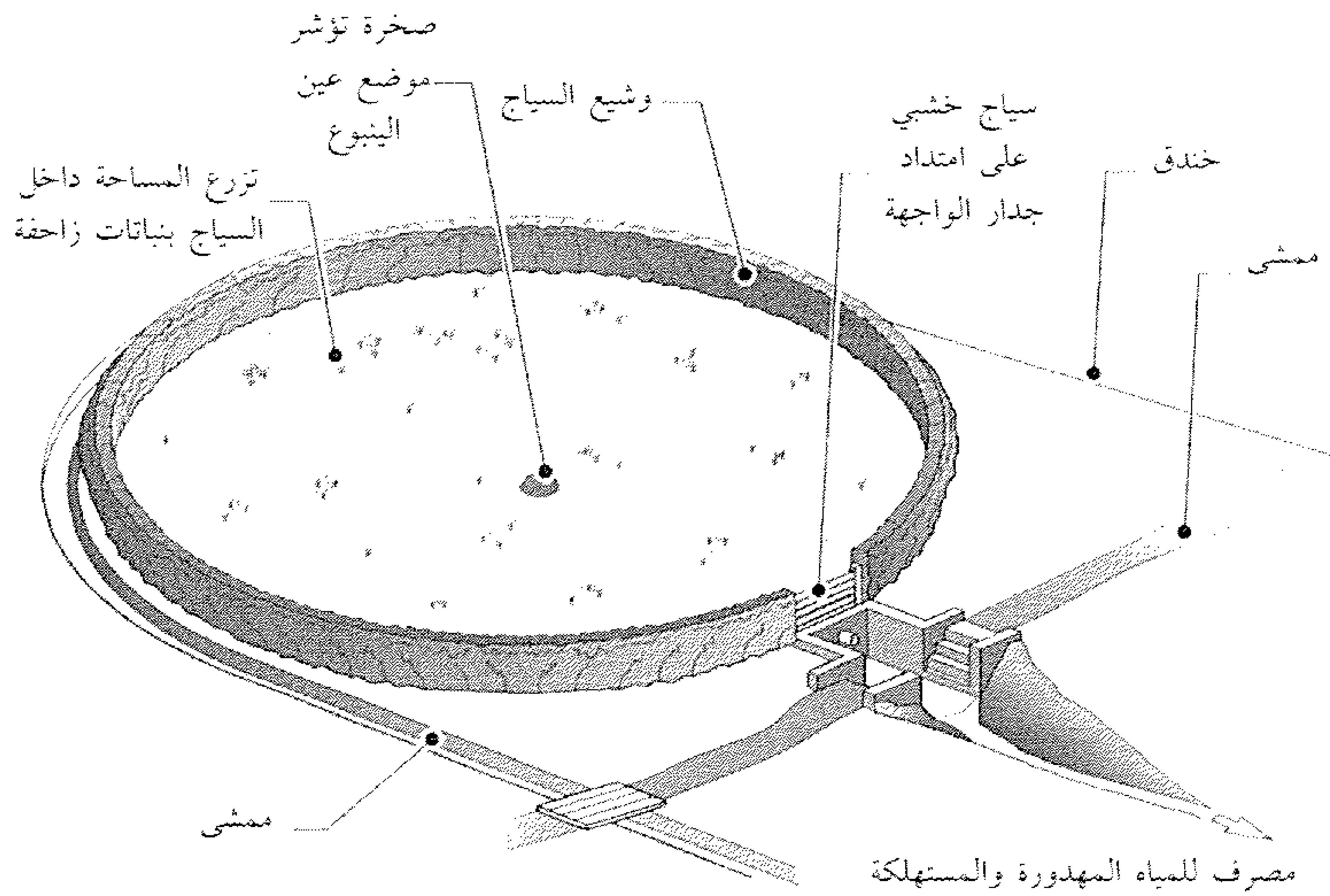
ويمكن تغيير مجرى المياه السطحية بحفر قناة صغيرة على مرتقى يرتفع 8 أمتار من الينبوع وعلى جانبيه (الشكل 13). وتجمع التربة من الخندق لتشكل حافة ترابية على الجانب المنحدر من الخندق للزيادة في الاحتياط. وإذا عززت هذه الحافة بسياج أو حاجز من الطابوق فسيمكن إبعاد الناس والحيوانات عن المنطقة التي تقع مباشرة فوق الينبوع. ويجب أن تبقى المساحة داخل السياج خالية من الشجيرات، ويفضل أيضاً أن تغطى بحشائش زاحفة تحافظ على سطح التربة من الانجراف بالإضافة إلى كونها سهلة الإدامة.

في حال بقاء الماء في عين الينبوع حاملاً لكمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة، على الرغم من محاولات الترشيح، عندئذ قد يكون من المهم تزويد الينبوع بحجرة تركيد (Sedimentation Chamber).

إن إزالة العوالق الصلبة غاية في الأهمية إن كان الماء سيغذي نظام توزيع بالأنابيب وذلك لأنها (الأنابيب) قد تُسد بهذه العوالق. وفي حالة غياب حجرة التركيد قبل وصول الماء إلى صهريج الخزن فستترسب المواد في صهريج الخزن، وقد يعاد تعليقها عندما يقترب ماء الصهريج من النضوب. وحجرة التركيد (الجزء 3.6) هي إما خزان ضيق وطويل (طوله أربعة أمثال عرضه تقريباً)، أو خزان أعرض ومزود بجدران عازلة لضمان مجال جريان طويل من المدخل إلى المخرج. كما ويجب أن يكون عمق الماء في حجرة التركيد متراً في الأقل.

ولتوزيع الجريان بشكل منتظم على امتداد عرض الخزان يمكن

جعل المدخل مثقباً وموجهاً بشكل أفقي ومتصالباً مع إحدى النهايتين ويجب أن يكون المخرج بمستوى سطح الماء. وفي عملية التشغيل الاعتيادية يجب أن يبقى الخزان مليئاً بالماء وأن يحتوي على حجم كاف لجعل الماء جارياً ببطء على امتداد الخزان لإعطاء الفرصة للمواد العالقة أن تتركد.




الشكل 13: الينبوع بعد اكتمال جهوزيته.
المصدر: Shaw (1999).

من ناحية أخرى يجب أن يميل قعر الخزان باتجاه أنبوب التصريف (الشكل 56) وأن يزود بقلنسوة أو صمام يفتح لتنظيف الخزان مرة واحدة سنوياً في الأقل.

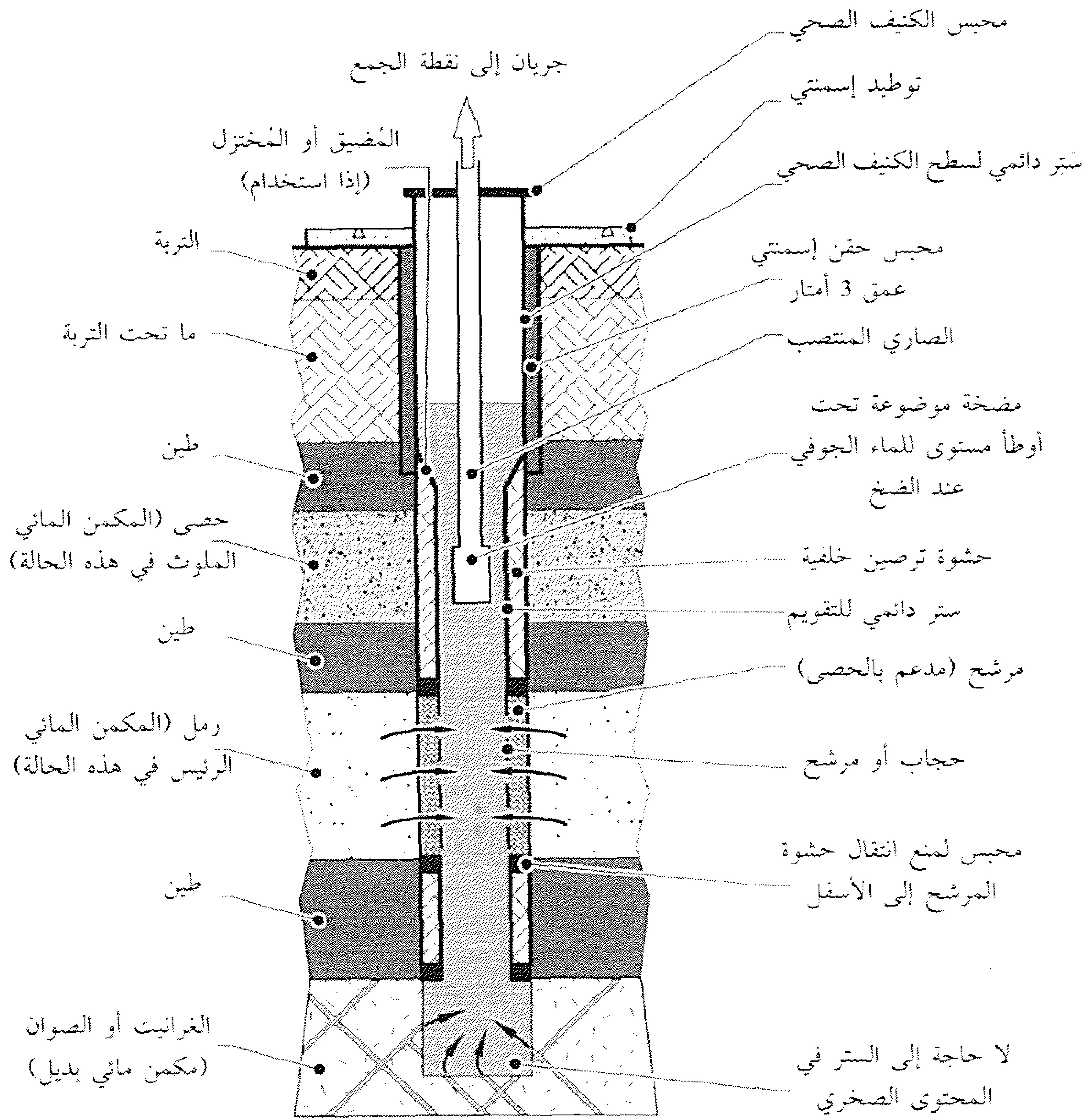
أو يُنَظَّف بصورة أكثر تكراراً إن كان من الضروري التحكم في مستوى الطمي بحيث لا تعود إلى التعلق مرة أخرى.

ومثالياً، يجب تعقيم (تطهير) الصناديق النابضية الجديدة والخزانات قبل أن توضع في الخدمة كما تم وصفه في الجزء 5.3.

## 3.3.3 ـ ثقوب الحفر والآبار الأنبوبية

### الخواص النمطية لثقوب الحفر

يستخدم التعبيران ثقوب حفر، وآبار أنبوبية، في الغالب ترادفاً على الرغم من أن التعريف الدقيق لثقب الحفر يفيد بأنه ثقب تمّ حفره بلقمة دوارة، بينما البئر الأنبوبية يتم حفرها بتغطيس الركيزة الأنبوبية من دون دق أو ضغط.




ملاحظة: عرض ثقب الحفر قد وسع إلى درجة مبالغ فيها للتوضيح ليس إلا.

**الشكل 14:** تفاصيل تخطيطية لثقب حفر نمطي.
المصدر: WEDC.

وفي معظم ما يلي من توصيف سيستخدم التعبير ثقب حفر للدلالة على كلا النوعين من الثقوب. ويبين الشكل 14 السمات الرئيسة لثقب حفر نمطي.

الهدف من إقامة ثقب حفر هو الوصول إلى الماء الجوفي واستخراجه لتجهيز الماء بصورة سهلة. ما يحتاجه ثقب الحفر وهو يمر خلال تربة هشة، من بين أشياء أخرى، أن يدعم بأنبوب تدعيم أو سِتر يكون إما وقتياً أو دائمياً. والتدعيم الدائم يتم خلال عملية الحفر أو ربما يقام داخل أنبوب تدعيم مؤقت ولكن أكبر قطراً. ولتسهيل عملية سحب أنبوب التدعيم المؤقت، يتم تضييق قطره تدريجياً كلما تعمقت الحفرة بطريقة تسمى التدعيم التلسكوبي (Telescope Casing).

ويتم سحب الأنبوب بعد كل مرحلة تضييق بشكل انفرادي. وتضفي هذه التقنية فائدة وتيسير ذلك أن كل جزء سيحتاج إلى شدة أقل للتغلب على الاحتكاك بالتربة بالمقارنة مع استخدام تدعيم أو ستر أحادي القطر لتبطين ثقب الحفر على امتداد عمقه، علماً بأن الحفر التلسكوبي هذا يحتاج استخدام لقم حفر (Drilling Bits) ذات حجوم مختلفة.

وتستخدم حالياً الأنابيب البلاستيكية سميكة الجدران للتدعيم الدائمي، إلا أن الأنابيب الحديدية لا تزال تستخدم لثقوب الحفر العميقة. هذا ويمكن الاستغناء عن التدعيم أو التبطين عندما يمر ثقب الحفر خلال صخور صلدة.

من ناحية أخرى يستخدم البئر الأنبوبية المُساق (Driven Tubewell) كتدعيم دائم. وعند احتواء التربة المراد حفرها على أطيان، يترك الثقب مؤقتاً وهو غير مُغلّق ريثما يتم الحفر حيث يتم

تزامناً خلال هذه الفترة إقامة التدعيم الدائمي. ويستخدم الحفر الطيني أو الممهد بالطين في طرائق أخرى لإقامة ثقب الحفر. ويُعمَل هذا الطين من الماء المثخن بمضافات كيميائية مع طين مفتت أو مسحوق. كما ويمكن تدوير هذه المضافات لإزالة مواد الحفر وكذلك لتزييت أو تبريد لقم الحفر. وبوسع هذه الأطيان إزالة جسيمات التربة المحفورة بصورة أكفأ بالمقارنة مع استخدام الماء المدور لوحده. وبإمكان طين الحفر الذي يملأ ثقب الحفر بصورة مؤقتة أن يسند التربة حتى نهاية فترة الحفر، حيث يصبح بالإمكان إقامة التدعيم النهائي أو الثابت.

ويحتاج أنبوب التدعيم تحت مستوى سطح المياه الجوفية أن يكون مشققاً أو مثقباً في الاقل للسماح للماء بالدخول إلى ثقب الحفر. ويسمى هذا الجزء من ثقب الحفر «بالحجاب أو المرشح» (Screen). ويتم اختيار طول أنبوب الحجاب بعناية ليتناسب مع حجم الثقب وشكله. فإذا كان الحجم كبيراً فهنالك خطر أن تهوي تربة المكمن المائي فيملأ قعر الثقب بالرمل والطمي.

من ناحية أخرى إن كان الحجم صغيراً فيصعب عليه أن يمسك جسيمات التربة مما يضيق مجرى ثقب الحفر ويقلل من كميات المياه الداخلة إليه. وبالإمكان تلافي هذه الحالة بإطالة الحاجب أو المرشح، إلا أن هذا الأمر مكلف من الناحية المادية. والحل البديل هو باستخدام ثقوب أكبر مزودة بحشوة للترشيح كما تم شرحه. ويبقى بالإمكان صنع حاجب بسيط باستخدام منشار معدني لعمل شقوق صغيرة متعددة في جدار الأنبوب البلاستيكي. ويفضل استخدام حواجب أو مرشحات معدة سلفاً لخدمة هذا الغرض. وفي التربة الحبيبية، يتوجب غلق قعر ثقب الحفر بمحبس (Seal) لضمان دخول الماء فقط من خلال الحاجب أو المرشح، ويهمل أو يستغنى عن

هذا المحبس إذا كانت قاعدة ثقب الحفر تدخل في تربة صخرية.

ولغرض جعل الشقوق بعرض مليمتر واحد في الأقل تستخدم حشوة من مرشح صناعي (أو حشوة من الحصى) في الفجوة بين ثقب الحفر من الداخل والحاجب (المرشح) من الخارج. ويجب أن يكون عرض هذه الفجوة حوالي 50 مليمتراً في الأقل. وتُعمل الحشوة عادة من مزيج متدرج من أحجار صغيرة، ورمل خشن جداً. ويتم توسيدها في موضعها بنفس الوقت الذي يزال أو يسحب فيه التدعيم المؤقت. وبديلاً عن حشوة المرشح هذه تستخدم حالياً وبصورة متزايدة شبكة بلاستيكية. ولا يزال الأداء الناضح والطويل الأمد لهذه المرشحات قيد التجربة.

وبمجرد توسيد حشوة المرشح على امتداد منطقة الحاجب، يجب سد فوهة الحشوة بإحكام لمنع المواد في أعلى المرشح من دخوله وغلق مساماته وثقوبه (الشكل 14). والجزء المتبقي فوق هذه المنطقة يمكن ملؤه بمادة حفر مناسبة إلى مستوى ينخفض بثلاثة أمتار عن مستوى سطح الأرض. كما ويتطلب ملء الفجوة بين التدعيم المؤقت والدائم، والتي تبعد حوالي ثلاثة أمتار من سطح الأرض، بمادة غير ناضحة وذلك لتكوين محبس كنيف صحي (Sanitary Seal) يمنع دخول أي تلوث مصدره السطح بسهولة عبر الفجوة وإلى المياه الجوفية. ويعد الطين المكتنز (Compacted Clay) المادة المناسبة لهذا الغرض.

وكذلك يعتبر الإسمنت السائل الكثيف، وهو خليط كثيف من الإسمنت والماء ملائماً لهذه المهمة وربما أكثر توفراً وسهولة. ومتى ما أقيم ثقب حفر، يصبح من المفيد في الأغلب تطويره لتحسين عطائه. ويشمل هذا تحريك الجسيمات الدقيقة في منطقة المكمن بعيداً عن حشوة المرشح لكي يجري الماء باتجاه الحاجب بيسر

وسهولة. ويشمل التطوير أيضاً إزالة أطيان الحفر المتبقية في فتحات ومسامات المكمن.

ويتحقق التطوير إما من خلال الضخ المتقطع وبمعدل عال من ثقب الحفر، أو باستخدام محقنة دافعة (Surge Plunger) في بطانة ثقب الحفر. وترتفع المحقنة، التي تشبه مكبس المضخة اليدوية، وتنخفض بسرعة ضمن بطانة التدعيم الدائم فتسبب حركة سريعة للماء الجوفي من وإلى الحشوة يتم خلالها دخول دقائق التربة الصغيرة إلى مجرى ثقب الحفر. وينتظم بذلك وبشكل طبيعي تدرج الجسيمات والدقائق نتيجة حركة الماء من وإلى خارج الشقوق المعمولة في أنبوب الترشيح البلاستيكي، فتصبح الجسيمات الكبيرة قريبة من الشقوق فيما تبتعد عنها الجسيمات الدقيقة. وبذلك، يتكون مرشح (فلتر) متدرج ضمن الحشوة وكذلك في المناطق المجاورة للمكمن المائي.

ويقوم هذا المرشح أثناء عمل ثقب الحفر بمنع دخول الجسيمات الدقيقة القادمة من المكمن المائي فيما يسمح بجريان مُيسر للماء الجوفي والدخول إلى ثقب الحفر عبر الحاجب. ومتى تم تطوير ثقب الحفر هذا يمكن اختبار عطاءه (انظر الجزء 6.3).

تعود التفاصيل الخاصة بحشوة المرشح وكذلك تطوير ثقب الحفر الموصوفة أعلاه إلى حالة مثالية فيما يرى بعض ممارسي التقنية أن تطوير ثقب الحفر واستخدام حشوة المرشح في الغالب غير ضرورية لاسيما إذا كان ما يجهزه ثقب الحفر من معدل ضخ، قليلاً جداً، أو أقل مما توفره مضخة يدوية.

ومن الواضح، أن حشوة المرشح الصناعية لا تستخدم في حالة البئر الأنبوبية المساق على الرغم من أن تطوير المكمن المتدرج بعناية يُستخدم لإنتاج حشوة مرشح طبيعي حول الحاجب.

هذا ويجب الاهتمام بالطريقة التي يتم بواسطتها التخلص من المياه الآسنة (المتحللة) والمياه المهدورة الأخرى عند إقامة ثقب حفر. وعلى سبيل المثال يجب، ما استطعنا إلى ذلك سبيلاً، عدم إقامة ثقب حفر في مكان يصعب فيه تصريف هذه المياه، أو توجيه المياه السطحية بعيداً عن ثقب الحفر.

من ناحية أخرى يجب بناء صبّة كونكريتية مائلة إما دائرية بقطر مترين أو مربعة بأبعاد (2 متر × 2 متر) مع حافة مرتفعة حول ثقب الحفر لمنع تكون الأوحال في حالة انسكاب الماء. ومنع خطر تغلغل الماء الملوث من خلال حافة بطانة ثقب الحفر. (على الرغم من أنه عند استخدام البطانة المؤقتة فإن محبس الكنيف الصحي حول البطانة الدائمة يمنع هذا التسرب). يجب أن تتصل الصبة الكونكريتية إلى قناة أو خندق تصريف، أو (خندق أو حفرة تجفيف). كما ويتطلب بناء الصبة والخندق على أرض صلبة. ويجب تكثيف التربة الهشة أو إبدالها بطبقة صلبة أو متراصة من الأحجار والصخور. تبنى الصبة عادة من الكونكريت المسلح ونمطياً بسماكة 100 مليمتر معضدة بقضبان حديد (شيش) بقطر 8 مليمترات تفصل بينها مسافات لا تزيد عن 15 مليمتراً في الاتجاهين ويوضع القضيب الأوطأ على مسافة 50 مليمتراً عن قاعدة الصبّة.

مبدئياً، يجب أن ترتفع بطانة ثقب الحفر فوق مستوى الصبة وتثبت داخل قاعدة المضخة (الشكل 44). وبهذه الطريقة تمنع المياه التي تمر تحت الحافة السفلى لقاعدة المضخة من الوصول إلى أعلى البطانة والدخول إلى داخل ثقب الحفر.

### ثقب الحفر اليدوي (باستخدام المثقاب اليدوي)

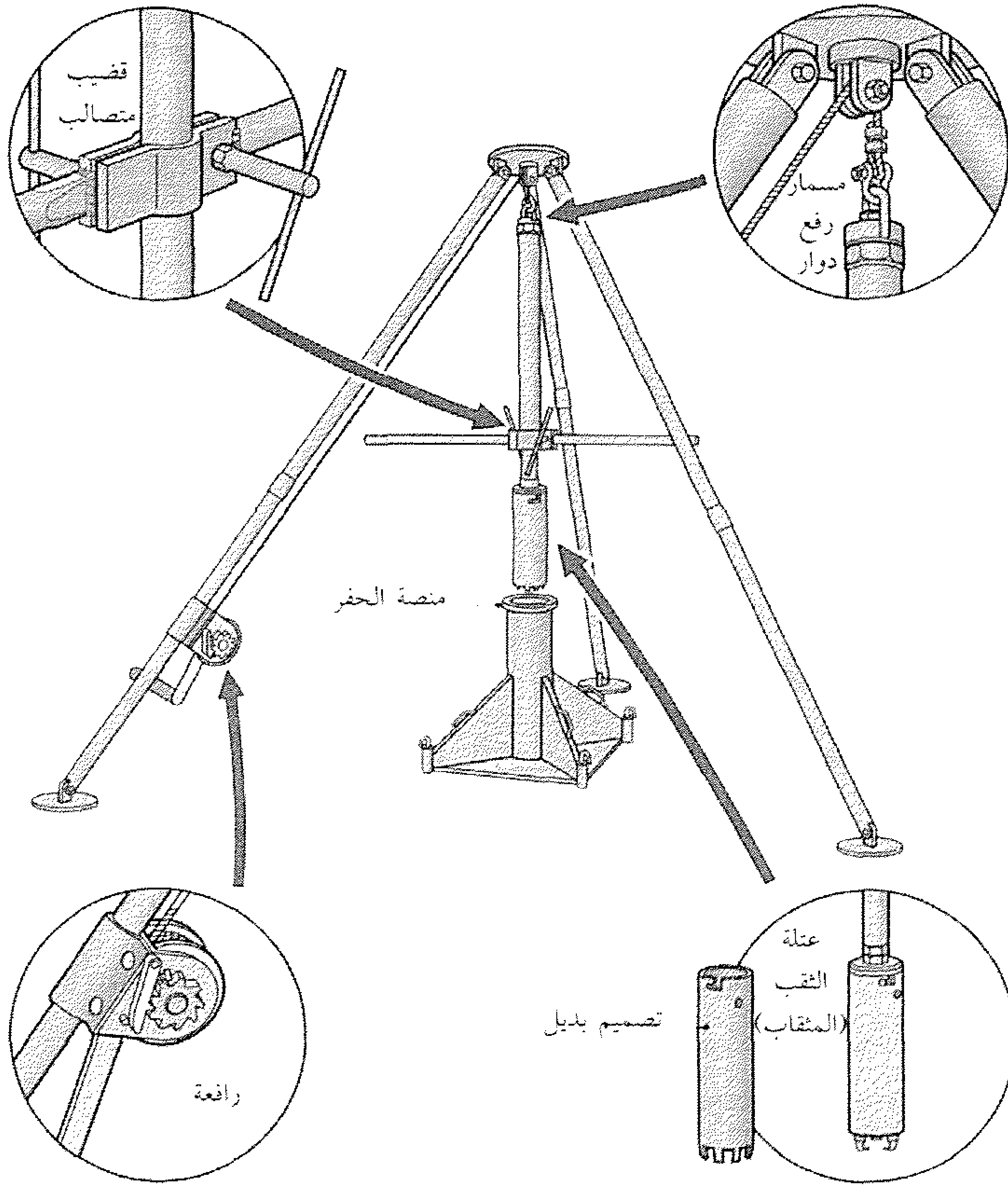
يقام ثقب الحفر في الترب الحبيبية باستخدام الأدوات والعدد اليدوية. وترتبط معظم الأدوات إلى أنبوب حديدي قوي يدور يدوياً

بفعل القوة العضلية لثقب التربة، تسمى هذه الأدوات بالمثاقب أو البرايم (جمع بريمة). والطريقة الثانية للحفر تتم برفع وإسقاط لقمة إزميل ثقيلة أو لقمة أسطوانية لتعمل ثقباً في الأرض. استخدمت طريقة الحفر بالدق باستخدام لقمة الإزميل المتصلة بسلك (أو كابل) لأول مرة منذ عدة مئات من السنين، ويندر اليوم أن تدار العملية يدوياً وإنما بالاعتماد على أدوات ثقيلة تحركها رافعة آلية.

ومع إن بالإمكان تصنيع الأدوات اليدوية في المشغل إلا أنها تشترى عادة من مُصنِّع وتستخدم أنواع وتصميمات مختلفة من هذه الأدوات بحسب طبيعة التربة، وفيما إذا كان الحفر يجري فوق أو تحت مستوى نطاق المياه الجوفية. ولبعض الأدوات زنبرك للإمساك بالتربة المنقورة والبعض الآخر صمم بطريقة تلتصق فيها التربة في باطن الأسطوانة أو تبقى داخلها بواسطة بوابة أو قلاب مفصلي أو مسامير متجهة إلى الداخل (الشكل 15). أما الأدوات المستخدمة للحفر دون مستوى نطاق المياه الجوفية فتحتوي غالباً على صمامات لاحتجاز الماء داخلها بالإضافة إلى التربة المنقورة.

لدى استخدام أدوات الحفر اليدوية يجب رفع الأداة دورياً لإزالة التربة التي صارت منحلة ومفككة. وكلما زاد العمق يضاف جزء جديد إلى قضيب الحفر. ولإزالة التربة المنقورة يجب إخراج كل المنظومة بعد حفر كل 0.5 متر، وتعاد كل الأدوات إلى مكانها بعد تنظيفها جيداً.

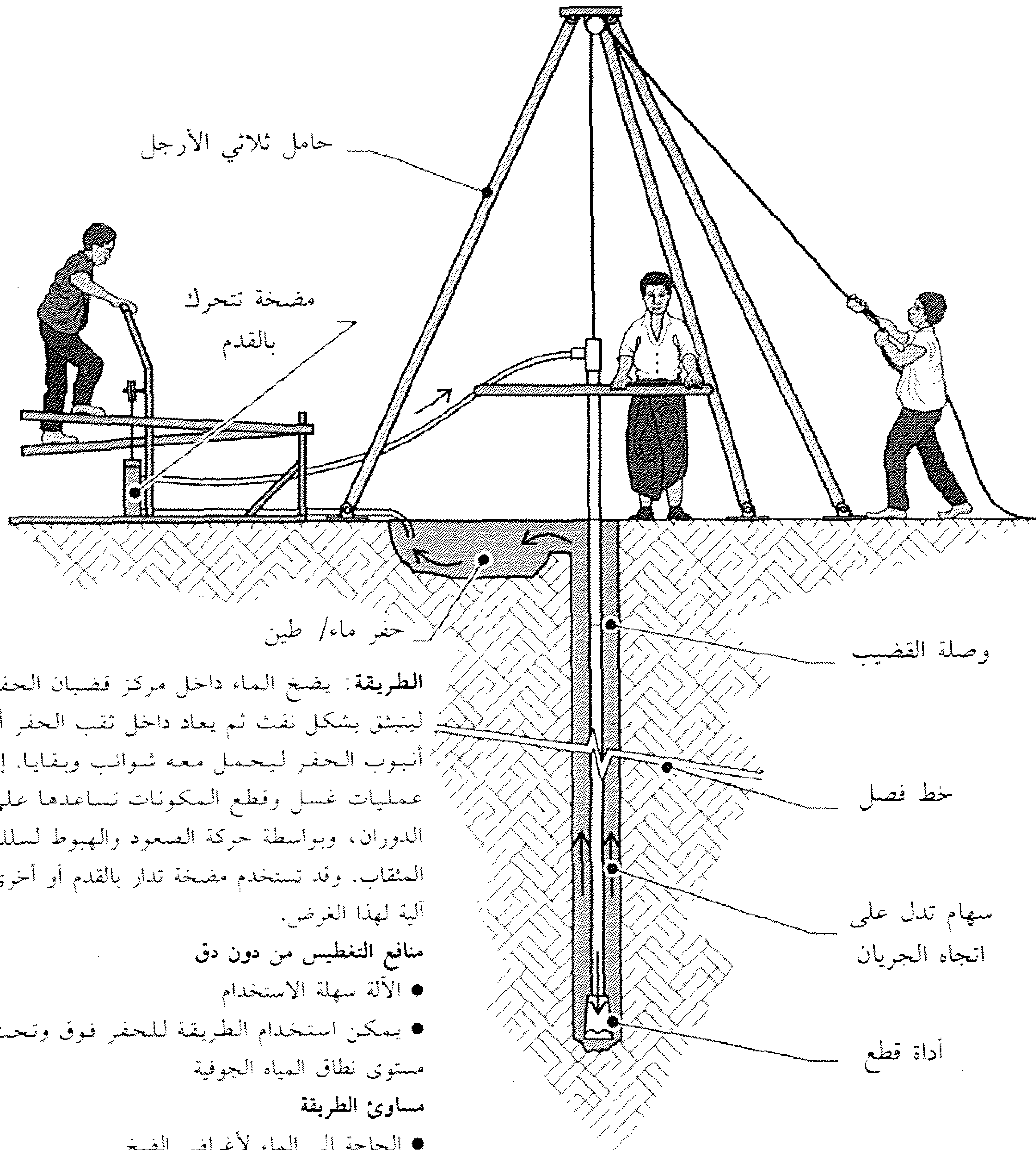
وهذه الإجراءات قد تكون متعبة ومملة، لاسيما في حالة ثقوب الحفر العميقة لذا قد تستخدم رافعة يدوية لرفع الكتل الثقيلة لقضبان ولقم الحفر بالإضافة إلى التربة المحفورة (الشكل 15). ولتحسين معدل قدرة آلة الحفر. في ثقب التربة قد يقتضي أن يجلس الشخص فوق عمود متصالب مثبت فوق آلة الحفر ويقوم بتدوير لقمة الثقب بتحريك جسمه بشكل دائري.




**الشكل 15:** الأجزاء العاملة لعدة فوندر الخاصة بحفر ثقب الحفر.
**المصدر:** Morgan (1990).

يُعد التصفيح المؤقت والدائمي، مع الحاجب المرشح وحشوة الترشيح من الضرورات الملزمة في إقامة ثقب الحفر اليدوي. وكبديل عن رفع التربة المنقورة إما في داخل أداة النقر/ الحفر أو خارجها، تستخدم طريقة حفر يدوية تعتمد تدوير طين حفر سميك لحمل التربة المفككة (الهشة) من الثقب. وهذه الطريقة ملائمة فقط في الترب الخفيفة إذ يضخ الطين يدوياً باستخدام مضخة ميكانيكية تدار بالقدم (الشكل 16).

ليس في هذا الكتاب الموجز متسع لوصف طرائق الحفر والثقب اليدوي بشكل مفصل. والمزيد من المعلومات يمكن الحصول عليها في المراجع المشار إليها في الملاحق والمصادر المرجعية.




**الشكل 16:** تغطيس الركائز من دون دق.
المصدر: Shaw (1999).

## ثقب الحفر المحفور آلياً

على النقيض من طرائق الحفر اليدوي، فإن الحفر الآلي قادر على التعامل مع كل أنواع التُرب (حتى الصخرية منها)، وظروفها، وعلى أي عمق مطلوب.

وهنالك نوعان من المكائن الأساسية المعدة لهذا الغرض هما: عدة الحفر بالدق (Percussion Rig) وعدة الحفر بالتدوير (Rotary Rig)، وأبسط هيئة للعدد يتمثل بأداة مزودة بكيبل تقوم بثقب الأرض باستخدام حبل سلكي ورافعة لرفع لقمة ثقيلة وإسقاطها تكراراً في قعر ثقب. وتستخدم لقمة حفر مجوفة تحتوي على أسطوانة مفرغة وحافة قطع بنقر الترب الحاوية على الطين. وبالنسبة إلى الترب الحبيبية التي تخلو من الطين، يثبت صمام إلى قعر الأسطوانة لكي يحتجز الماء والتربة المنقورة داخل الأداة. وتُسمى هذه الأسطوانة بالمنزحة (Bailer). وتستخدم لتكسير الصخور لقمة إزميل ثقيلة. ويضاف الماء بعد تكسير الصخور إلى قطع صغيرة، إلى قعر الثقب لتكوين ردغة (طين خفيف القوام). ومن ثم تستبدل لقمة الإزميل بالنازح للتخلص من المواد المنقورة من الثقب.

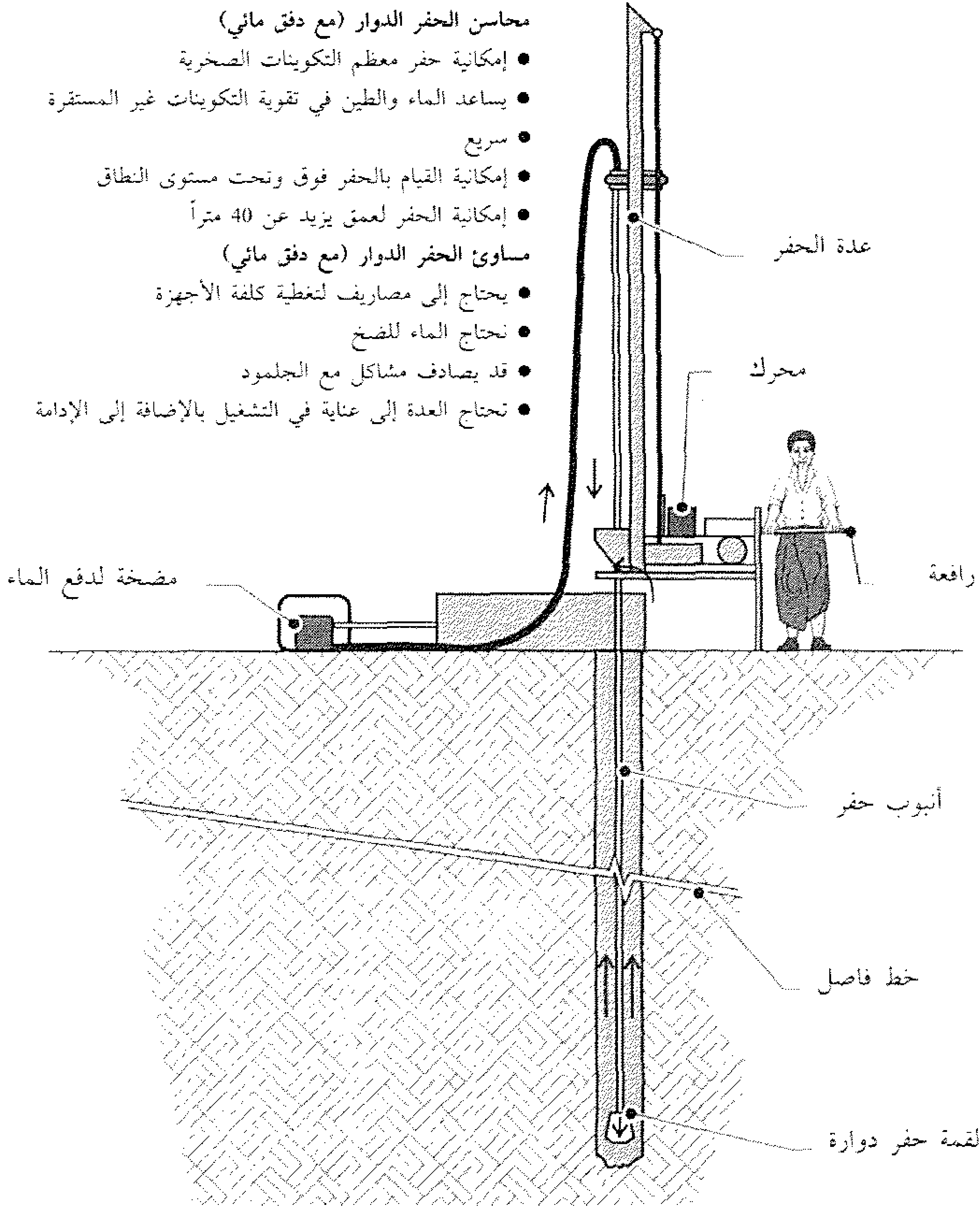
أما النوع الثاني من عدد الحفر فهي الحفارة الدائرية التي تستخدم لقمة دورات ثقيلة لتكسير التربة/ الصخور، داخل الثقب. بإمكان هذه الآلة حفر ثقوب بسرعة تفوق سرعة الحفر بالدق، ولدى تزويدها بلقم ملائمة تستطيع هذه العدة عمل ثقوب في صخور قاسية جداً. وتحتاج مثل هذه العدد إلى أجهزة للتدوير، والرفع، وتثبيت أنبوب الحفر وهي من دون شك أعلى كلفة من عدد الحفر بالدق. وتحتاج بالإضافة إلى ذلك إلى نظام إزالة تربة يتمثل إما بمضخات لتدوير الماء (أو باستخدام طين الحفر، انظر الصفحة ب)، أو باستخدام ضاغطات هواء قوية لتدوير حجوم كبيرة من الهواء (أحياناً مع رغوة حفر).

وطريقة المطرقة داخل الثقب (DTH: Down the Hole Hammer) هي تقنية تمزج بين الحفر بالطرق والحفر بالتدوير، وهي مفيدة بشكل خاص في حفر الصخور القاسية. وفي هذه الطريقة تقوم مطرقة تدار بمكبس أحادي مدفوع بالهواء الثقيل ومثبتة في أسفل قناة الحفر (Drill Shaft)، بإحداث الطرق، وتدوير اللقمة داخل القناة لضمان دوام حركة الأسنان الصلبة في اللقمة على امتداد كامل السطح في قعر الثقب. وتُلفظ جسيمات الصخور المتكسرة خارجاً بواسطة تيار هواء قوي يقوم أيضاً بتبريد اللقمة.

ويصعب في بعض المناطق الريفية حيث المسالك الوعرة، حركة العدد الآلية الثقيلة وعملها لاسيما خلال فصل هطول الأمطار. وحتى في فصول الجفاف تحتاج هذه الآليات الثقيلة إلى طريق مكسوة بالحصى تقام بين أقرب طريق وحتى موقع ثقب الحفر. وقد توفرت لحسن الحظ في السنوات الأخيرة عُدَد حفر أصغر حجماً بكثير من العدد الآلية، وبقطر تغليف لا يزيد عن 125 ملم (الشكل 17). وقد عملت هذه العدد على زيادة عدد المواقع المحتملة التي يمكن الوصول إليها. ويستخدم العديد من هذه العدد مزيجاً من قدرة الإنسان والآلة (عن طريق القنوات وناقلات السرع) ما يجعلها أبسط بكثير من العِدد التقليدية التي تدار بالهيدروليك وهذا يعني أيضاً أنها أسهل من حيث الإدامة والتصليح، مما يقلل من كلفة ثقب الحفر الذي تقوم بحفره. وبعض العدد قابلة للحمل (منقولة) ويمكن تحميلها على ظهر شاحنة صغيرة ثم يعاد تركيبها في الموقع. تستخدم معظم هذه العدد طريقة الحفر بالتدوير ولكن قليلاً منها مزود بلقم DTH.

الحفر يمكن أن يكون ذا كلفة عالية، لذا يجب الحصول على مشورة الخبراء حول احتمالية إيجاد مياه ملائمة في الموقع المعين

قبل الشروع بعملية الحفر. وإن جدارة أي مقاول حفر يجب أن تفحص قبل استخدامه.




**الشكل 17**: حفر دوار آلي بسيط مزود بدفق مائي للتخلص من مخلفات الحفر.
**المصدر**: WEDC.

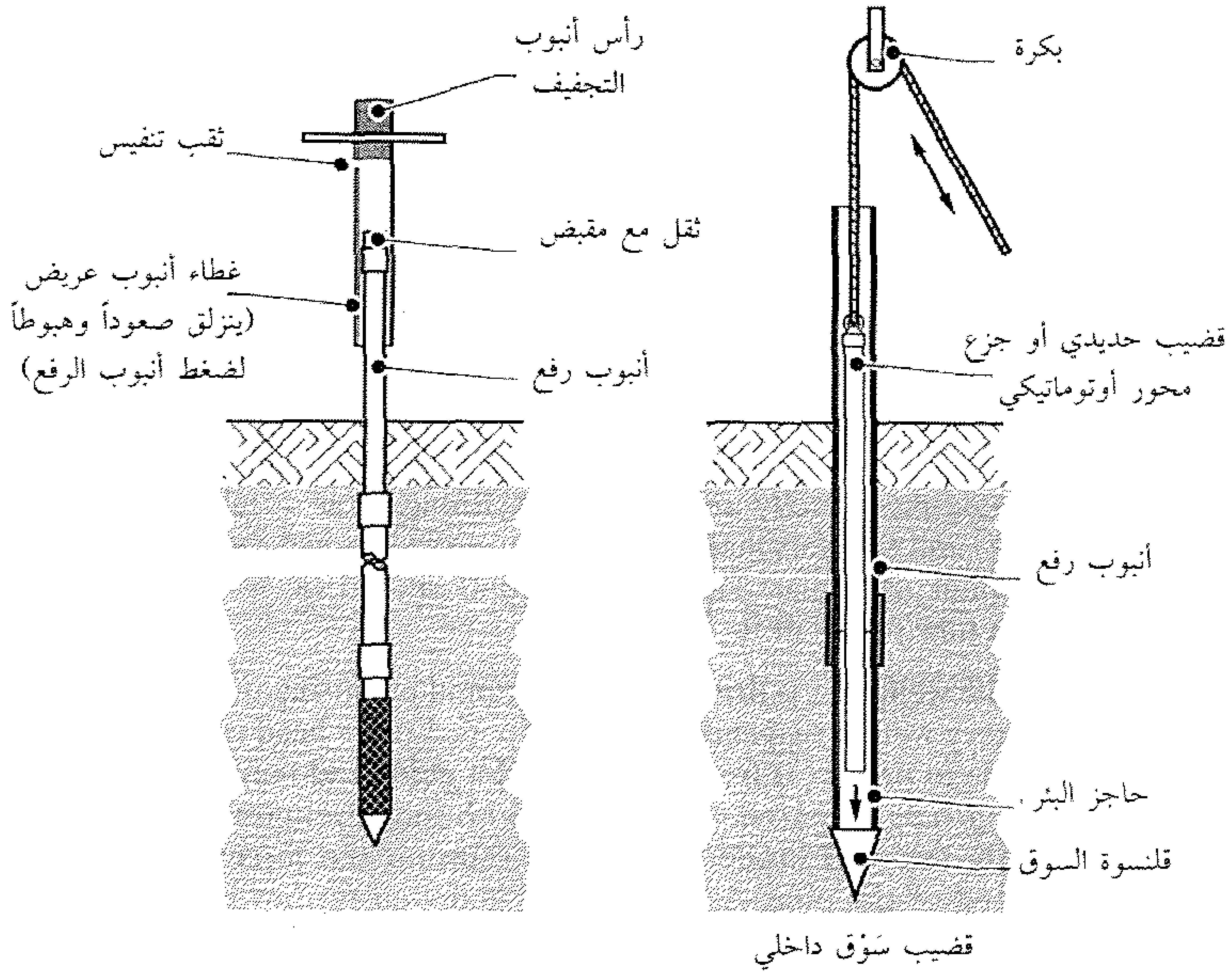
ومن حيث المبدأ يجب أن يراقب أو يُشرَف على أدائه لضمان عدم اعتماده على طرق مختصرة قد تهدد الأداء المستقبلي لثقب

الحفر (على سبيل المثال عدم إقامة محبس للكنيف الصحي أو حشوة المرشح، أو عدم حفر العمق المطلوب في المكمن المائي).

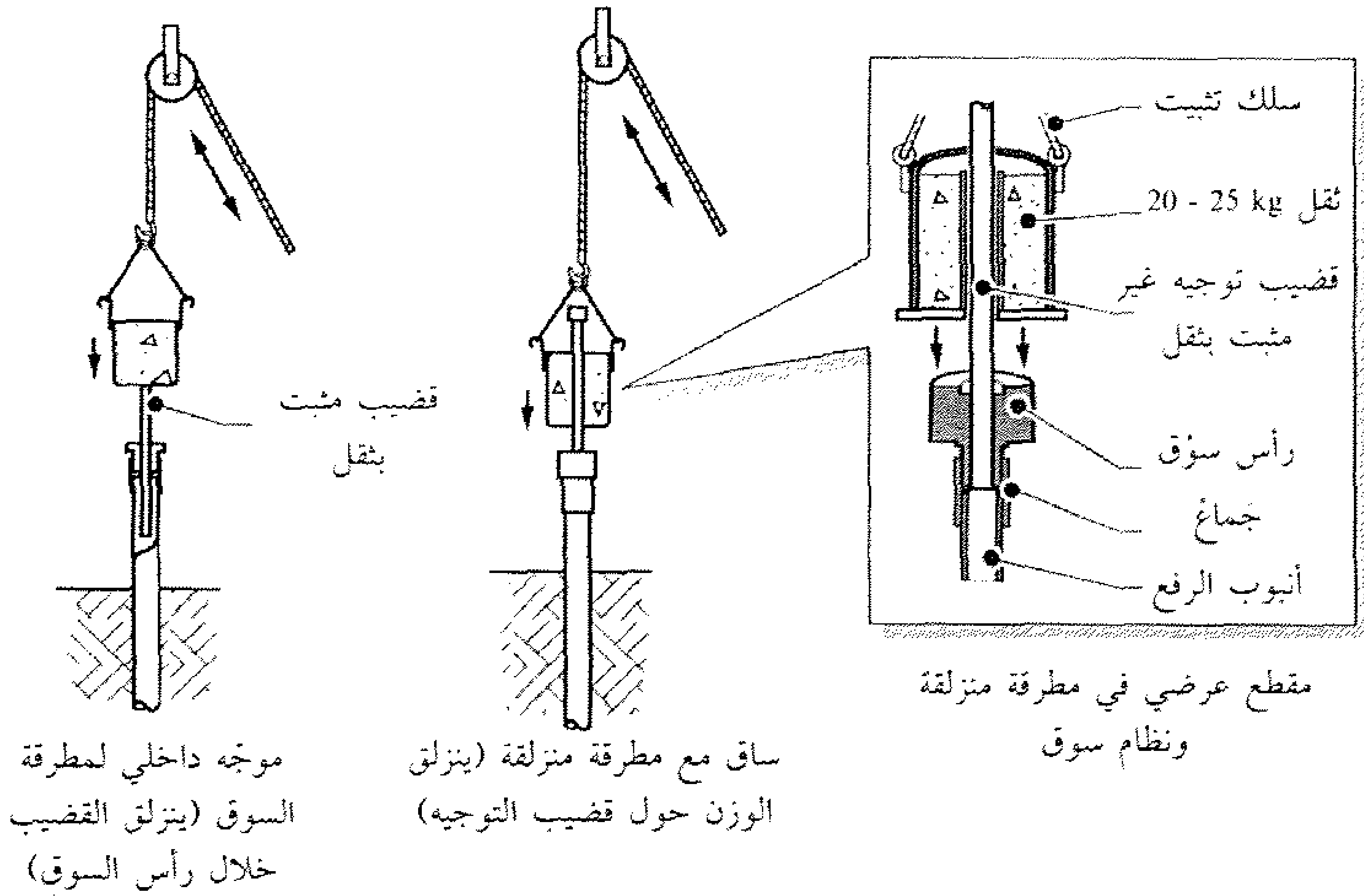
### الآبار الأنبوبية المساقة

تبنى البئر المساقة بدفع (حشر) راووق (أداة حشر) تسمى أنبوبة التجفيف (Wellpoint) داخل التربة. وأنبوب التجفيف هو أنبوب معدني خاص مدبب في نهايته السفلى ومثقب أو مشطب على جوانبه لكي تمر المياه من خلالها (الثقوب والشطوب) إلى داخل الأنبوب. وتُعمل هذه الثقوب بطرائق خاصة لمنعها من الاحتشاء بالتربة ومن ثم انسدادها (مثلاً باستخدام حاجز معدني إسفيني (Wedge-Wire Screen) بحيث يكون الشق أوسع في الداخل). ولا تكون أنابيب التجفيف المحلية الصنع بتلك الدرجة من القوة أو المطاولة كتلك المصنعة خصيصاً لهذا الغرض، فتصبح الشقوق عرضة للانسداد السريع خلال عملية النصب. لذا يجب سؤال مجهز أنابيب التجفيف تفصيلياً عن كيفية نصب هذه الأنابيب.

تحشر أنابيب التجفيف في التربة عادة بطرق قمة الأنبوب بثقل معلق من حامل ثلاثي الأرجل ويربط رأس السَّوْق (Drive Head) إلى وزن السوق ثابتاً في مركزه (الشكل 18). ويقام في بعض أنابيب التجفيف قضيب معدني بصورة مباشرة. وكلما سِيقَ الأنبوب إلى داخل التربة تضاف قطعة مكملة من أنبوب حديدي إلى النهاية العليا لأنبوب التجفيف المساق.




**طرائق سوق أنابيب التجفيف المساقة**




**مُجَمع مطرقة منزلقة متينة وساق توجيه**

**الشكل 18:** طرائق سوق أنابيب التجفيف المساقة.

وتعمل سلسلة الأنابيب هذه كأنبوب نقل أساسي للماء الذي سوف يُضخ من البئر لدى اكتماله. وللتأكد من متانة ربط وصلات الأنابيب يجب تدوير الأنبوب تجاه عقرب الساعة بعد كل طرقة مطرقة.

تكون أنابيب التجفيف عادة صغيرة القطر (30 ـ 50 مليمتراً) فلا تسمح بنصب أسطوانات الضخ اليدوي الاعتيادية داخلها. لذلك فإن الآبار الأنبوبية المساقة ملائمة تماماً لمضخات الامتصاص حيث يمكن وضع أسطوانة الاحتراق على السطح. وتعني هذه الطريقة أن الماء سوف لن يُرفع بأكثر من 7.5 متر تحت مستوى سطح الأرض (انظر الملاحظات حول حدود الامتصاص في الجزء 2.5.4).

ومن المستحسن أحياناً إنشاء ثقب حفر أولاً إلى العمق الملائم باستخدام إحدى الطرق ثم سوق أنبوب تجفيف لعدة أمتار إلى المكمن تحت قاعدة ثقب الحفر. تعمل هذه الطريقة على اختزال الطول الواجب سَوقه، وبالتالي اختزال قوة السَوق المطلوبة. علماً، أنه في بعض الحالات الخاصة فقط يكون استخدام كل من ثقب الحفر وأنبوب التجفيف أكثر ملاءمة من تزويد ثقب الحفر بحجاب مرشح وبطانة ملائمين.

وحيثما يتم نصب أنبوب تجفيف في قعر ثقب حفر، يمكن تثبيت مضخة بئر عميقة ذات قطر أكبر من قطر أنبوب التجفيف في ثقب الحفر الأكبر قطراً، طالما بقيت الأسطوانة تحت مستوى سطح الأرض.

ولعل التطور المناسب سيأتي بحشوة مرشح طبيعي تعمل على تحسين عطاء أنبوب التجفيف.

### الآبار الأنبوبية المغطسة من دون دق

تُعمل الآبار الأنبوبية المغطسة من دون دق باستخدام ماء ضخ مضغوط لنقر حفرة ضيقة في التربة. يضخ الماء في أنبوب يحشر في التربة حيث يقوم الماء السريع المتدفق في قعر الأنبوب بتفريق التربة. وتقذف أجزاء الترب التي أصبحت رخوة بفعل الماء إلى الأعلى خلال ثقب يتكون حول الأنبوب. ويمكن تعزيز هذه السيرورة من خلال رفع الأنبوب وإنزاله أو تدويره بحيث تقوم اللقمة في نهاية الأنبوب السفلى بتفتيت التربة لكي يتم حملها بالماء.

ولكي تتم عملية التغطيس طبيعياً نحتاج إلى كمية كبيرة من المياه ولو أن لقمة التدوير يمكنها أن تحفر على السطح لكي تلفظ الأجسام الصلدة والثقيلة أولاً قبل استخدام الماء المرتفع. والعملية تحتاج عادة إلى مضخة آلية بالإضافة إلى وصلات تكميلية مختلفة، إلا أن المضخة اليدوية المدارة بالقدم (الشكل 16) قد أثبتت نجاحها في هذا المضمار. وتستخدم أحياناً إضافات مثل الطمى الطفلي مع الماء لتثخينه وتكوين (طمى حفر) بما يزيد من قدرته على حمل جسيمات أثقل من التربة، وتقليل كميات المياه التي تستهكلها هذه الطريقة، وذلك لإغراق آبار يصل عمقها إلى 80 متراً.

عندما يصل الثقب إلى العمق المطلوب يمكن إزالة آلة التغطيس ويوضع بدلها في الثقب حاجز مع أنبوب تغليف ثابت والاستفادة منه كثقب حفر طبيعي.

من الممكن تغطيس الحاجز والتغليف الدائمي بصورة مباشرة في الأرض ولكن، ما لم يستخدم نوع من الحواجز، فإن أغلب ماء التغطيس سيتسرب خلال جوانب الحاجز مما يقلل معدل النقر (Excavation).

لذلك يعمد بعض المصنعين إلى إنتاج حاجز خاص يحتوي على صمام يسبب خروج ماء التغطيس جميعه من نهايته السفلى خلال العملية. وعندما يتم تغطيس الحاجز إلى داخل التربة سيساهم ماء الضخ برمته في حفر التربة الواقعة تحت قاعدة الحاجز (أسفله). وعندما يصل الحاجز إلى العمق الصحيح يتوقف الغطس. وبمجرد استخراج الماء من الأنبوب المغلف ينغلق الصمام في قاعدة الحاجز. وبذلك يمر الماء الجوفي الداخل إلى أنبوب التغليف خلال الحاجز.

ويتم التغطيس أحياناً باستخدام أنبوبين في الوقت عينه، أحدهما سيكون أنبوب التغليف الدائمي (والحاجز) والأنبوب الثاني سيستخدم فقط لعملية التغطيس.

من المفيد تغيير الترب الدقيقة جداً في حال تغيير حجم الجسيمات في المكمن حول الحاجز بإضافة رمل خشن وحصى (بحص) ناعم إلى الثقب.

ويجب إضافة هذه الأجزاء قبل الانتهاء من عملية التغطيس إلا أن معدل الضخ يجب أن يقلل لكي يتسنى لهذه الجسيمات الخشنة أن تغطس إلى قاع ثقب الحفر.

### طريقة الحمأة في تكوين البئر الأنبوبية

إن طريقة الحمأة هي طريقة بسيطة لقلب (أو عكس) الغطس الذي لا يحتاج إلى مضخة وهي مفيدة في الترب الهشة الناعمة فقط مثل الترب الرملية والترب الغرينية. وتصبح الطريقة أكثر صعوبة كلما زاد عمق المياه الجوفية. وتصبح هذه الطريقة مثالية في مناطق الدلتا أو السهول الناشئة عن الفيضانات حيث تكون التربة رملية أو طينية ناعمة، وعندما يكون مستوى المياه الجوفية على عمق حوالي 15 متراً عن سطح الأرض.

لإنشاء بئر أنبوبية بطريقة الحمأة يحفر ثقب صغير باليد وبعمق متر تقريباً، في الموقع الذي تقرر أن تكون فيه البئر ويملأ الثقب بالماء. ويُنقر ثقب أكبر وعادة أقل ارتفاعاً إلى جانب الثقب الأول لتجميع الماء الذي يتدفق خلال سيرورة الحمأة. وتعمل الحفرة الثانية هذه على تركيد المواد الصلبة الثقيلة قبل أن يبدأ الماء بالتدوير مرة ثانية. عندئذ، يقحم أنبوب من الحديد بقطر 50 مليمتراً وطول 3 أمتار، أو أكثر، في الثقب ثم تثبت لقمة مثل مُجَمِّع أنابيب حادة الطرف إلى أسفل الأنبوب لكي يتمكن من شق طريقه في التربة. تُبنى بعدئذ سقالة من الخشب أو قصب البامبو بالقرب من الثقب ويثبت فيها عتلة الرافعة التي تربط من أحد طرفيها بالأنبوب بواسطة سلسلة (الشكل 19)، وبذلك يمكن رفع الأنبوب وخفضه إلى داخل الثقب بتحريك عتلة الرافعة من قبل رجل يقف على السقالة ويستخدم يده (أو قطعة مطاط منبسطة) كصمام. فكلما ارتفع الأنبوب، يمسك الرجل بيده (أو بقطعة المطاط) طرف الأنبوب الأعلى بقوة لكي يساعد في رفع ما يستجد من ماء وطين داخل الأنبوب وعندما ينخفض الأنبوب يرفع الرجل يده عنه للسماح بكمية أكبر من التربة والماء بالدخول من الطرف الأسفل للأنبوب، فيزيح ما هو موجود من ماء فعلاً داخل الأنبوب ليتدفق الأخير خارجاً من النهاية العليا. وبتكرار هذه العملية صعوداً وهبوطاً يتدفق الماء من أعلى الأنبوب حاملاً بعض التربة معه.

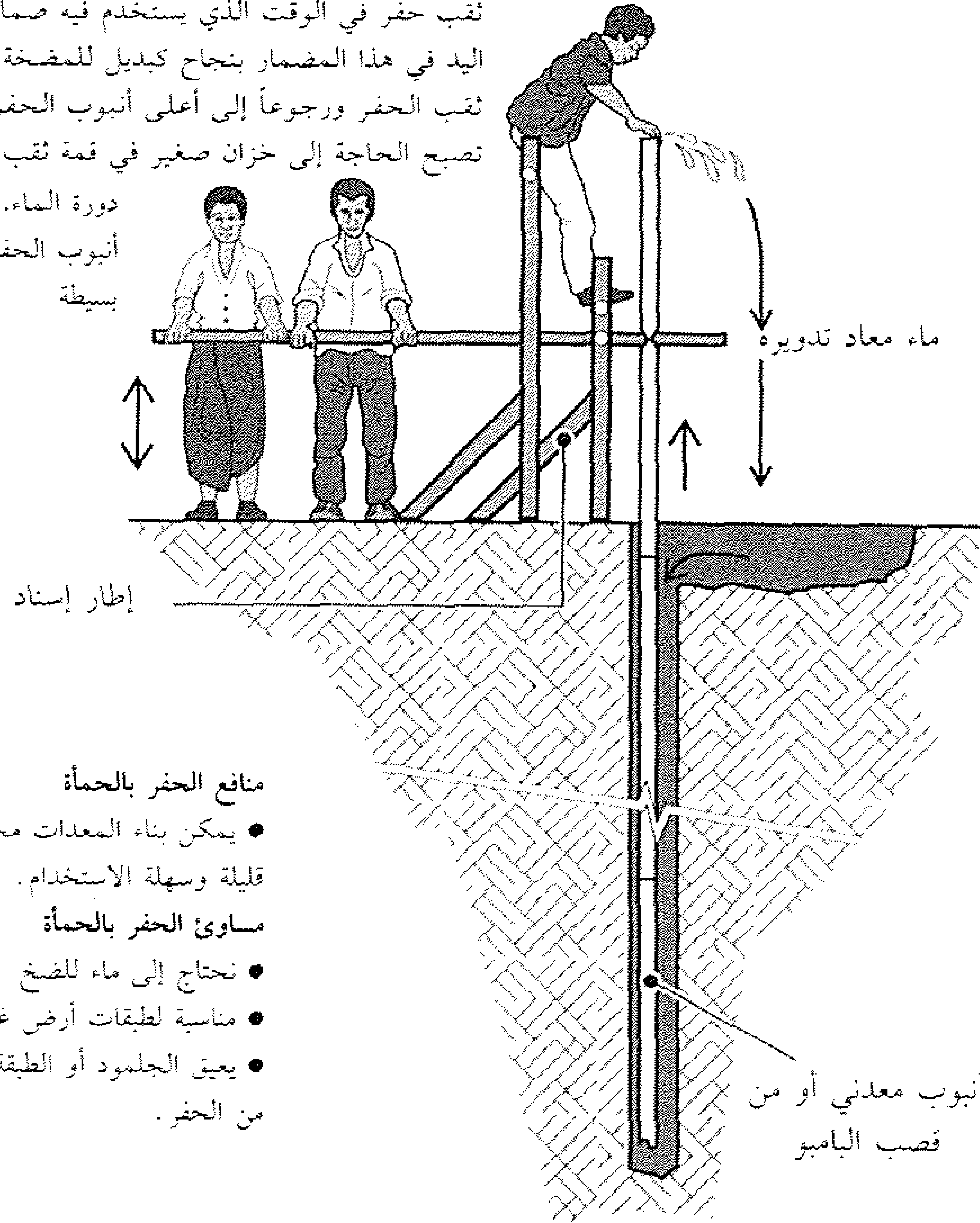
وكلما عُمّقت الحفرة يشق الأنبوب طريقه أعمق فأعمق في الأرض، وإذا اقتضت الحاجة يمكن إضافة وصلة من أنابيب إلى قمة الأنبوب. ويمكن تركيب أنبوب خارجي مؤقت بطول 6 أمتار وبقطر يزيد عن 20 مليمتراً عن قطر الأنبوب الأصلي وذلك لتعزيز وتثبيت قمة الثقب عند وصوله إلى هذا العمق.

ومن دون هذه القطعة من التغليف ستبقى فتحة الثقب غير مدعمة إلى أن يكمل حفر الثقب. وفي هذه المرحلة يرفع أنبوب الحمأة بعناية وحذر مع إبقاء الثقب مليئاً بالماء أو طين الحفر. عندئذ، يمكن إقحام تغليف دائمي مع حاجز (Screen) حول الأنبوب.

يجب إبقاء الثقب مليئاً بالماء خلال عملية الحمأة. فإذا كانت التربة شديدة النفاذية، والماء الجوفي عميقاً، سيصعب إبقاء الثقب مليئاً.

ولتقليل معدل التسرب (النضح أو النز) إلى التربة فوق مستوى نطاق الماء الجوفي يمكن اعتماد طين الحفر. وفي بنغلاديش يضاف تقليدياً قليل من روث البقر إلى الماء (حوالي جزء لكل عشرين جزء من الماء) للمساعدة في تغليف التربة وتقليل معدل تسرب الماء خارجاً من الثقب. وليس بالضرورة أن يسبب الروث خطورة على الصحة مادامت البئر ترحض (تغسل) جيداً ويتم تطهيرها عند اكتمالها (الجزء 5.3).

من الناحية المبدئية لا يتطلب استخدام طين الحفر إلا عند نقر الجزء العلوي من الثقب. وإذا ما استخدم لتعضيد الثقب حيث سيتم تثبيت الحاجز مستقبلاً، فإن الطين سيلغم المسامات والفتحات ويبطئ معدل انسياب أو تسرب الماء إلى داخل البئر لدى اكتمالها. ومع ذلك، فإن التهيئة الملائمة والجيدة بعد تركيب الغلاف الدائمي بالإضافة إلى استخدام طين حفر قابل للتفسخ حيوياً، سيقللان من هذه المشاكل إلى حدودها الدنيا. هذا ويتوجب ردم الفراغات حول أنبوب التغليف وإحكام سدها بعد الانتهاء من الحفر.

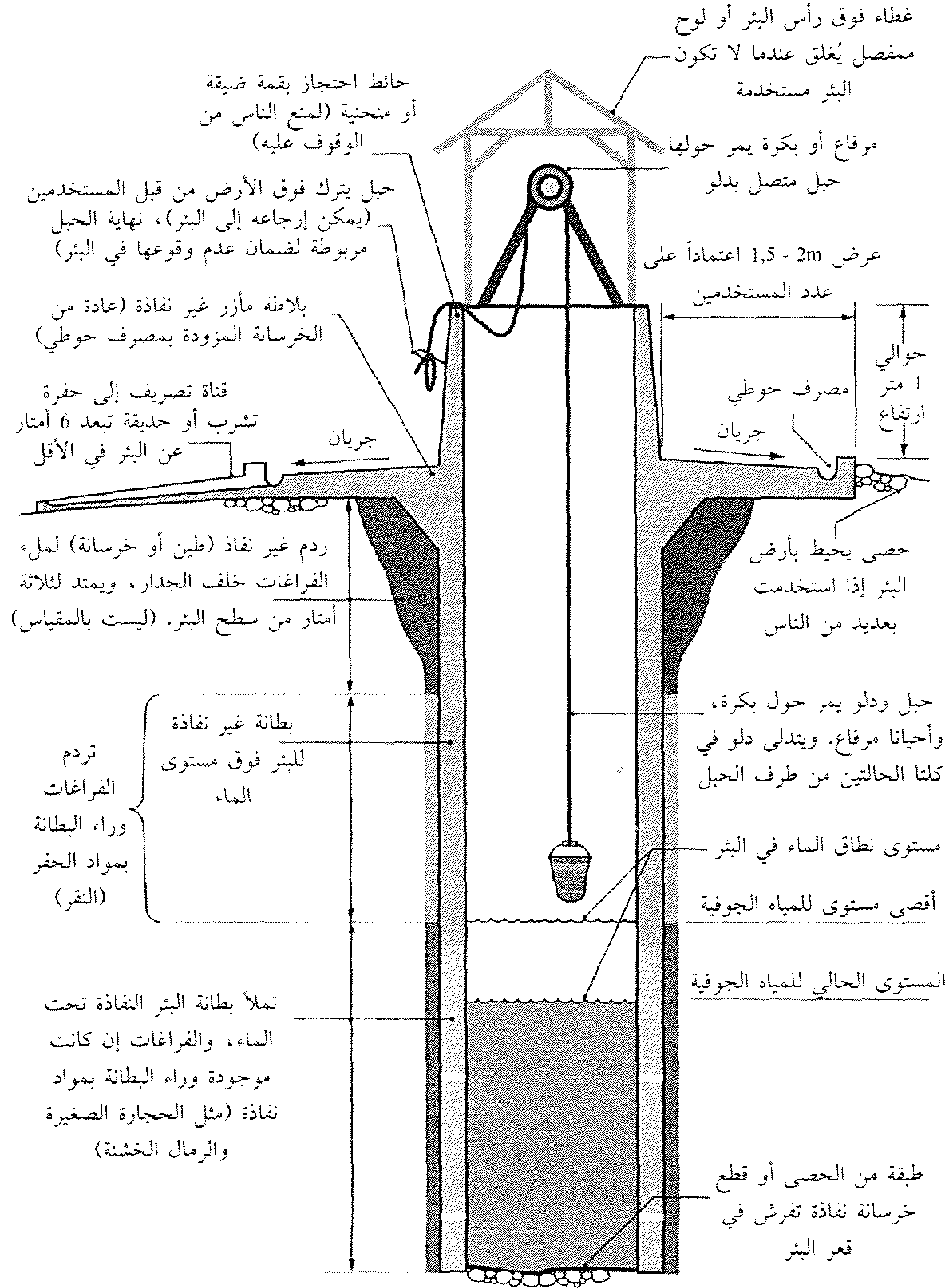



**الشكل 19:** الحفر بالحمأة (عكس التغطيس من دون دق).
**المصدر:** Shaw (1999).

## 4.3.3 ـ الآبار المحفورة يدوياً

قد يكون حفر بئر باليد أمراً خطيراً للعاملين، لذا ينصح أن يقوم شخص خبير بالإشراف على العمل. إن العملية معقدة الشرح في هذا الكتاب الصغير، ويتوفر إرشاد ملائم من عدد من المصادر مذكور في الملاحق والمراجع. تتضمن الخطورة على العاملين انهيار عملية الحفر، أو سقوط الأشياء داخل البئر أو الاختناق بالغازات الخطيرة المتصاعدة من التربة أو من مكائن ومحركات الاحتراق الداخلي. عليه، لا يجب البتة استخدام محركات الجازولين أو الديزل

في البئر أو بالقرب منه، وذلك لأن الغازات عديمة الرائحة المتصاعدة من عوادم هذه المحركات تدخل البئر وتقتل من فيه.




**الشكل 20:** السمات الجيدة للبئر المفتوحة.
**المصدر:** WEDC.

إن استخدام مثقاب يدوي حيثما تكون التربة ملائمة وفي الموقع المفترض للبئر يساعد في تحديد أنواع التربة المراد نقرها ومستوى الحفر الملائم للوصول إلى المياه الجوفية. وباستخدام الملائم من المعدات يمكن تحديد المعدل الآمن الذي يسحب بموجبه الماء من ثقب الحفر وذلك للحصول على تصور عن طبيعة المكمن المائي. فإذا وجد أن الموقع غير مناسب، فسيتم تجنب مصاريف وكلف إقامة البئر في هذا الموقع.

في الشكل 20 تتوضح الميزات الجيدة للبئر المفتوحة الكاملة. ففيه استخدم حائط الواجهة، وصبّة أو بلاطة المأزر، وقناة التصريف والمحبس (3 أمتار من الردم الخلفي غير النفاذ)، وذلك لتقليل حجم خطورة المياه السطحية والمياه المهدورة أن تدخل بسهولة إلى البئر وتلوثها. لذا ينصح بإحكام ووضع غطاء على فوهة البئر.

**المربع 10: الأقسام الرئيسة للبئر المحفورة يدوياً**

هنالك ثلاثة أقسام رئيسة في البئر هي:

- الأعمال الإنشائية على السطح. وتصمم هذه الإنشاءات لتقليص إمكانية التلوث ولجعل البئر مورداً سهلاً للحصول على المياه.
- قناة مبطنة غير ناضحة لإسناد التربة ومنع المياه السطحية الملوثة من الانسياب إلى البئر.
- مسرَب قد يكون امتداداً للقناة، وهو مصمم لمنع التربة دون الماء من الانجراف إلى داخل البئر، لذلك فهو قوي ومتين لكنه مسامي أو مثقب. ولرص التربة في قاعدة البئر ومنعها من

التفتت والانجراف يجب تغطيتها بطبقة سميكة من الحصى أو بقطع خرسانة دائرية سبق صَبّها.

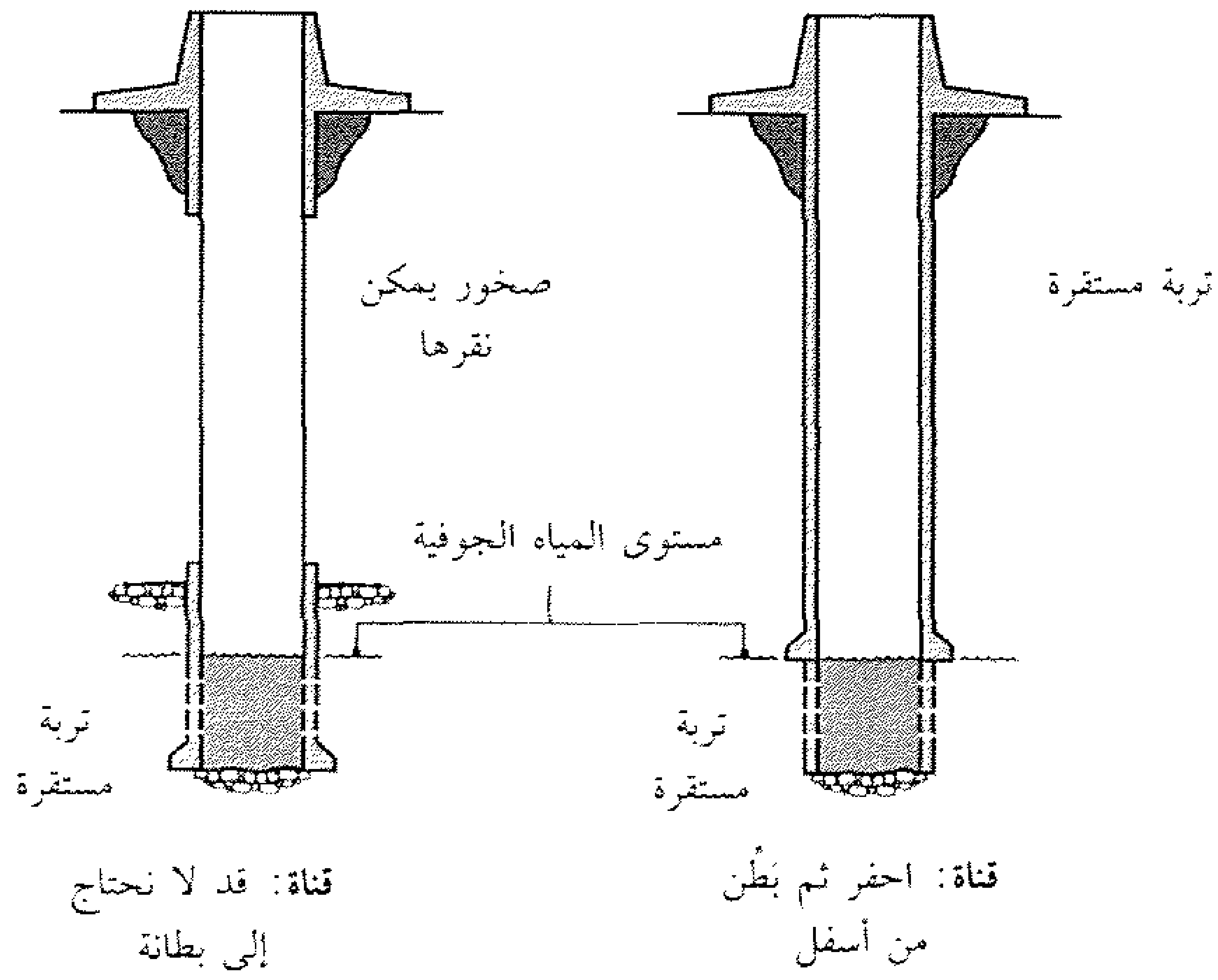
يجب توفير حجم خزن ملائم لتلبية سيماء الطلب المراد توفيره في البئر ويتطلب أن تكون الحجوم الكلية للمياه المخزونة دون الحد الأدنى لمستوى نطاق المياه الجوفية السنوي.

يظهر الشكل 21 ترتيبات مختلفة للقناة والمسرب التي يمكن اعتمادها للترب ذات الشدة المختلفة.

يوضح المربع 10 الأغراض التي توفرها أجزاء البئر المحفورة يدوياً. وكما تم تبيانه في الشكل 21، فإن الحاجة إلى القناة والطرائق المعتمدة في إنشائها تتباين مع شدة التربة ونوعيتها. لذلك فتنشئ القناة من الكونكريت أو الآجر (الطابوق). وقد تبنى هذه البطانة دورياً من قاعدة الحفر كلما ازداد عمقه.

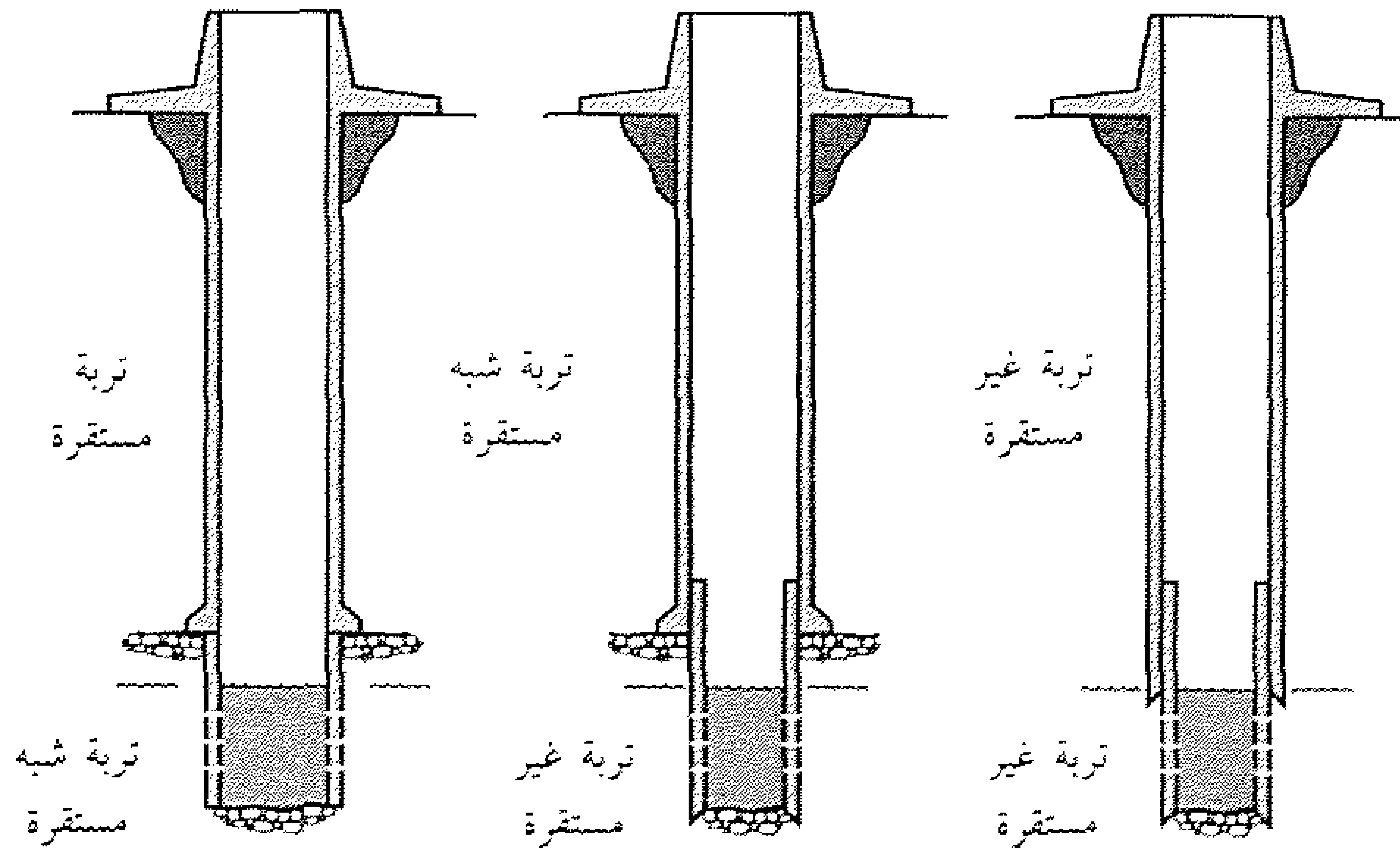
إن كمية الأنقاض التي يمكن تركها غير مستندة بأمان قبل إقامة جزء من القناة تحتاج إلى خبرة معمقة وتترك أحياناً أنقاضاً بارتفاع لا يزيد عن نصف متر دون إسناد. وحيثما تكون التربة عرضة للانهيار، تصبح طريقة كايسون هي التقنية الأسلم للبناء. وفي هذه الطريقة تتم كافة أعمال الحفر والنقر داخل بطانة (Lining) تدخل في التربة لتحل محل التربة المزالة أو المنقورة.

والبطانة الملائمة لهذه الطريقة هي كدس من حلقات خرسانية جاهزة. وطريقة شيكاغو المحدثة (الشكل 22) المكونة من حلقات إسناد مؤقتة تقام أثناء حفر البئر قد بدء باستخدامها في بعض الدول.




**مسرب**: احفر لملء
عمق ثم بطِّن من أسفل

**مسرب**: احفر لملء
عمق ثم بطِّن من أسفل




**قناة**: احفر ثم بطن
من الأسفل

**مسرب**: احفر في مراحل عمق
كل منها 0,5 متر ثم بطن كل
مرحلة قبل الاستمرار إلى غيرها

**قناة**: احفر ثم بطن
في مراحل

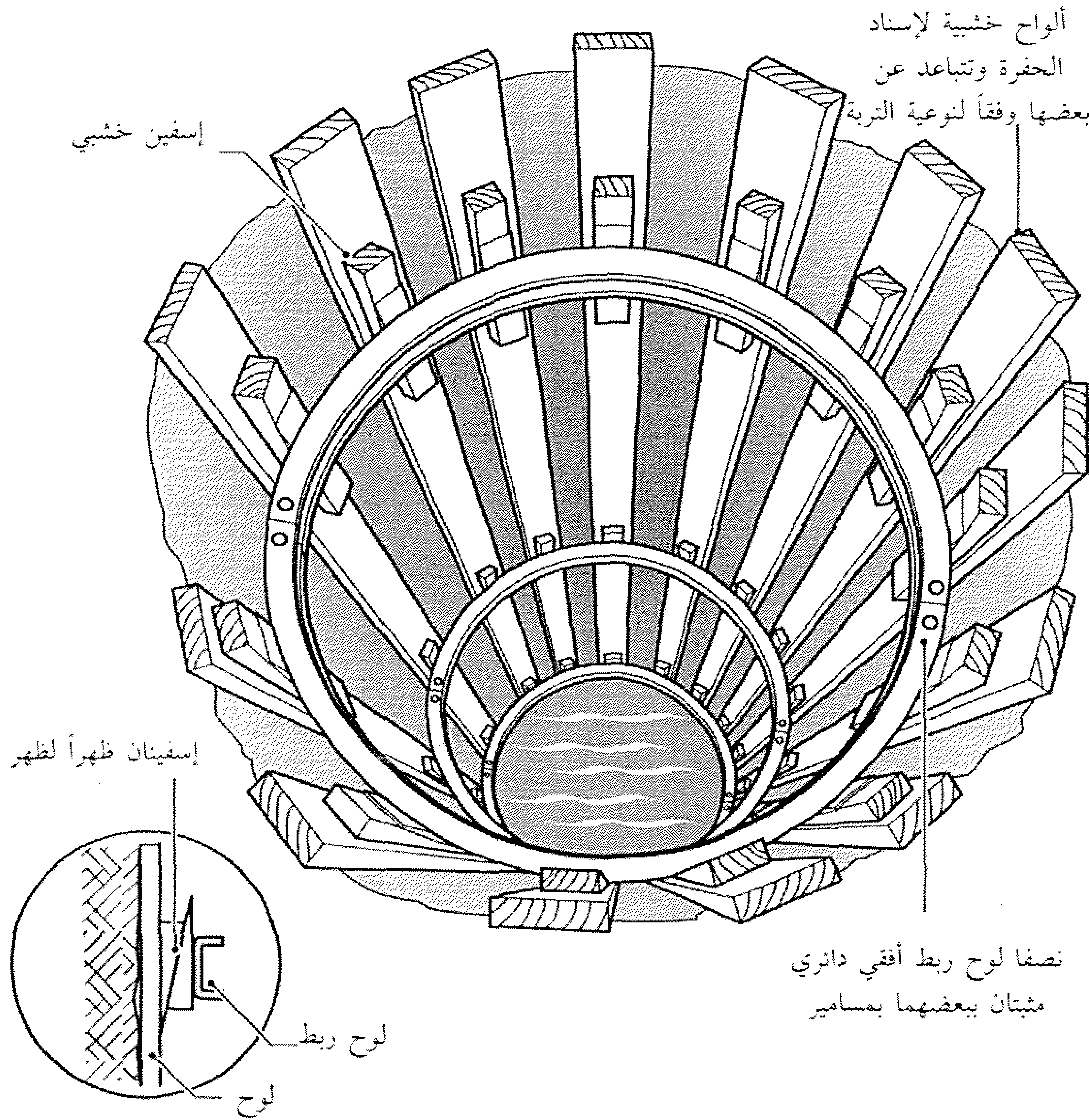
**مسرب**: كايسون
(احفر داخل حلقة قطع)

**قناة**:
كايسون

**مسرب**:
كايسون

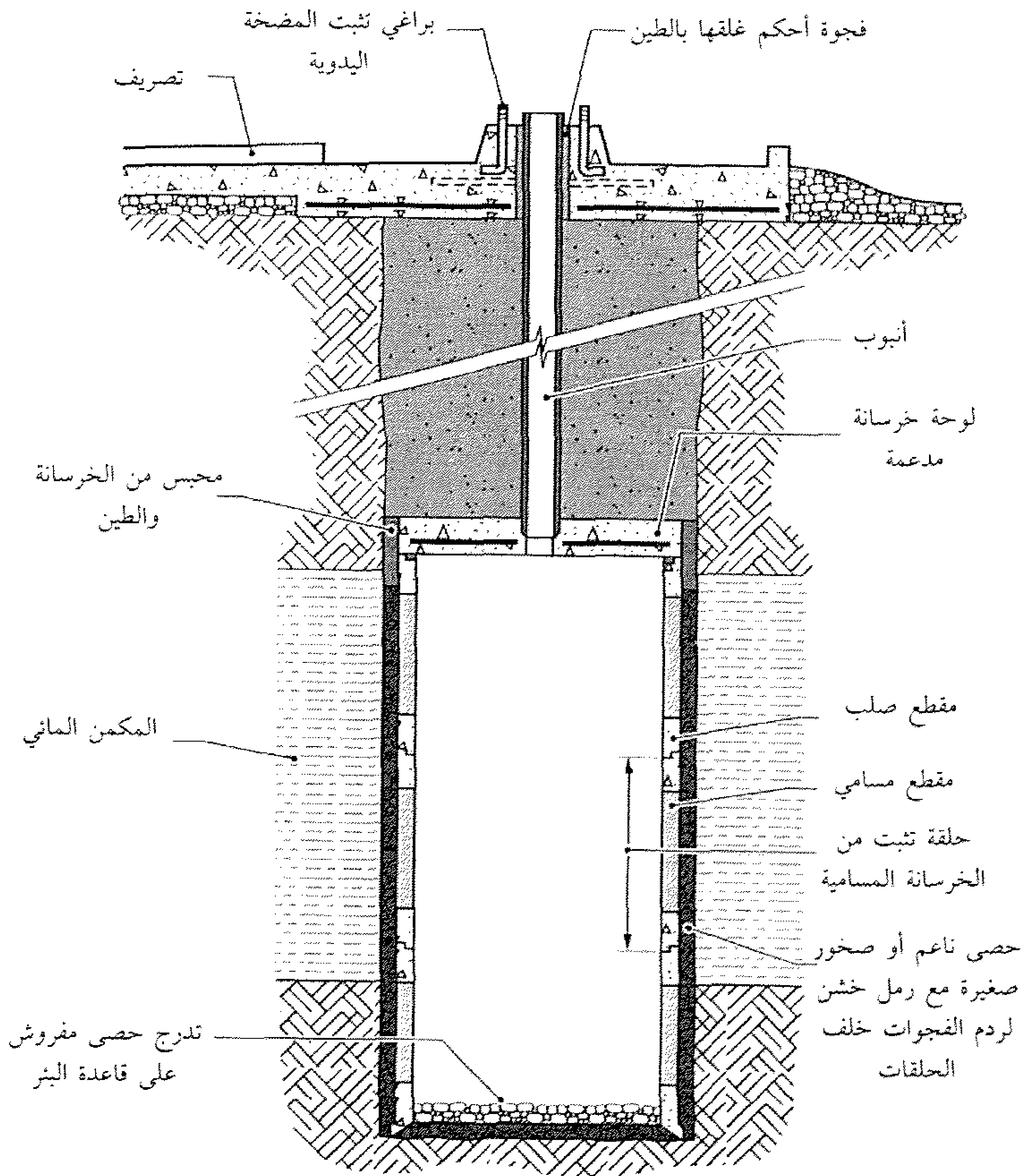
**الشكل 21**: حفر وتبطين مقترح مع تقنيات تبطين للآبار المحفورة يدوياً في ترب مختلفة.
**المصدر**: WEDC.

وتترتب ألواح الخشب العمودية المستخدمة في هذه الطريقة في الترب الحبيبية الناعمة بشكل تبتعد فيه عن بعضها قليلاً وتزداد المسافة في الترب الصلبة. يمكن إزالة هذه الألواح تدريجياً عند بناء البطانة الدائمة من قاع الحفر. وفي حالة العثور على كمية غير كافية من المياه تزال الألواح تدريجياً وتردم البئر أو تهجر من دون فقد أو هدر لمواد البناء. من ناحية أخرى إذا تم بناء البئر باستخدام طرائق تقليدية أخرى عندئذ نكون قد أهدرنا مواد التبطين الدائمي في حال كان ماء البئر غير كافٍ أو مناسب.

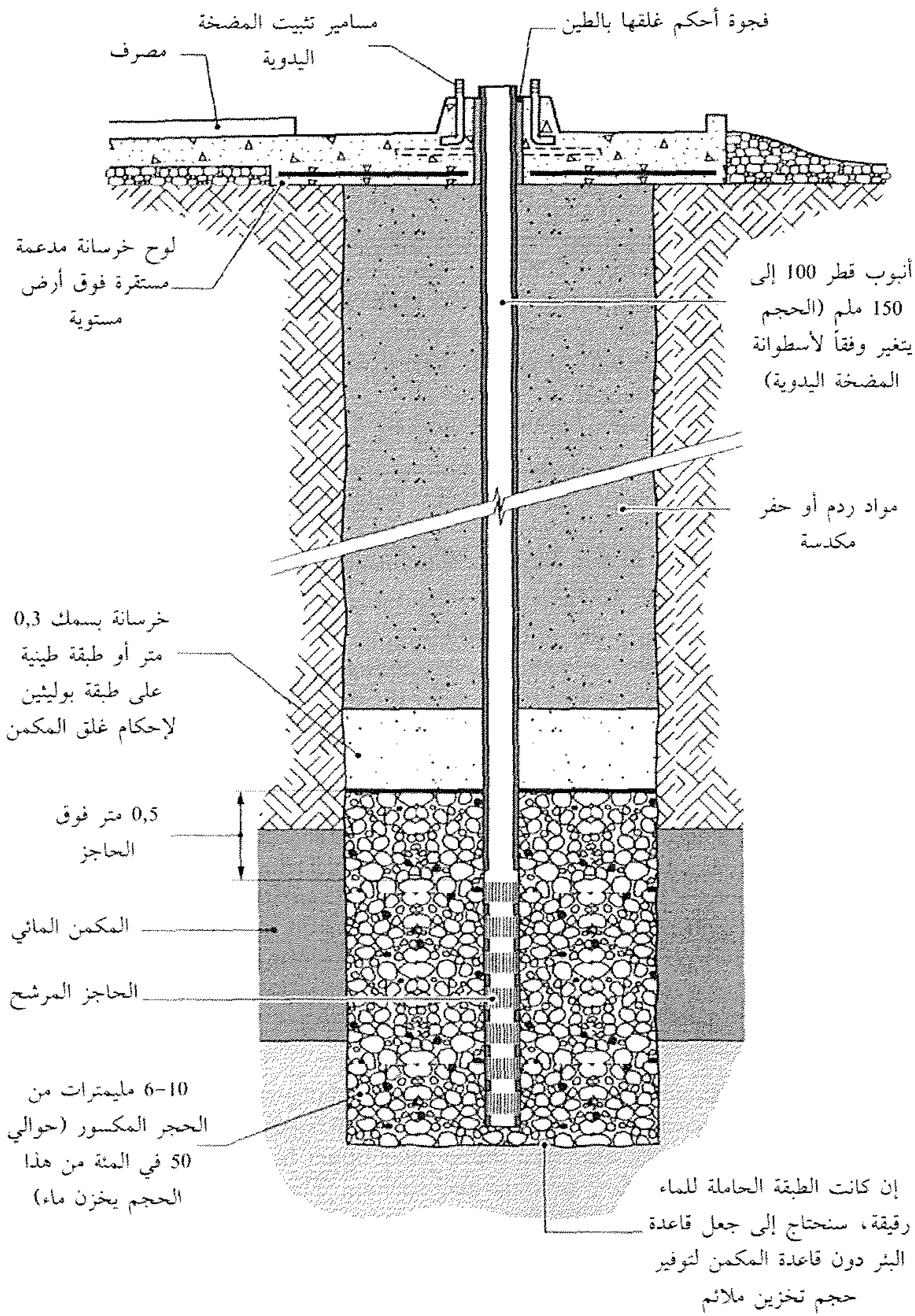



**الشكل 22:** بئر مسندة بطريقة شيكاغو المحسّنة.
**المصدر:** WEDC.

ولتقليل كلفة البئر، يكون من المناسب، أحياناً، ردم الجزء الذي يعلو مستوى نطاق الماء الجوفي (الشكل 23) أو بردم الجزء الخلفي للأنبوب العمودي في مركز الجدار (الشكل 24). ولكن كلا الطريقتين تمنع من تعميق البئر بسهولة في حالة انخفاض مستوى الماء الجوفي. كما إن هاتين الطريقتين توجبان استخدام المضخة اليدوية (أو مضخة بلاير، انظر الجزء 1.2.4) للحصول على الماء.




**الشكل 23:** بئر مدفونة.
**المصدر:** DHV (1985).




**الشكل 24:** بئر ردم خلفية.
**المصدر:** DHV (1985).

من الأفضل تحسين البئر المفتوحة والمتوفرة بدلاً من حفر بئر جديدة. ويبيّن الشكل 25 إحدى الطرائق المفضية إلى ذلك. وإن استخدام المضخة اليدوية أفضل صحياً من استخدام الحبل والدلو في استخراج الماء من البئر، إلا أنه يتطلب موافقة السكان على قبول المضخة وأن تكون لديهم القدرة على إدامتها. وإذا رفض السكان استخدام المضخة عندئذ يصبح المرفاع اليدوي والدلو في نهاية الحبل (الشادوف) من الخيارات الأخرى التي تُبقي الحبل والدلو بعيداً عن لوح الصبة حيث يتلوث الماء من أقدام المستهلكين. لاحظ أنه في حال إنشاء مضخة يدوية، أو شادوف، أو بكرة مرفاع مع حبل ودلو، فإن شخصاً واحداً في كل الأحوال سيتمكن كل مرة من استخراج الماء. بالوقت الذي يتاح فيه تقليدياً في البئر المفتوحة أن تسقي عدداً من الناس في كل مرة، إذا ما استخدموا حبالاً ودلاء منفصلة. وإذا بقيت الدلاء في الاستخدام، فإنها ستكون الأسهل لجمع الماء، لاسيما إذا ما زودت بقضبان دحل (قضبان مزودة بمداحل خشبية ينزلق عليها الحبل لكي لا يستهلك ويتلف) (الشكل 34) وتوضع هذه القضبان على امتداد فوهة البئر المفتوحة. أو، أن تزود البئر ببكرة رفع واحدة، وذلك لأن هذه الوسائل تجعل من انحناء المستهلكين خلال عملية رفع الماء أمراً غير ضروري. كذلك، تقلل هذه الوسائل من احتمال تهتك الحبل أو تلف الدلو بسبب استمرار احتكاكه بجدار البئر.

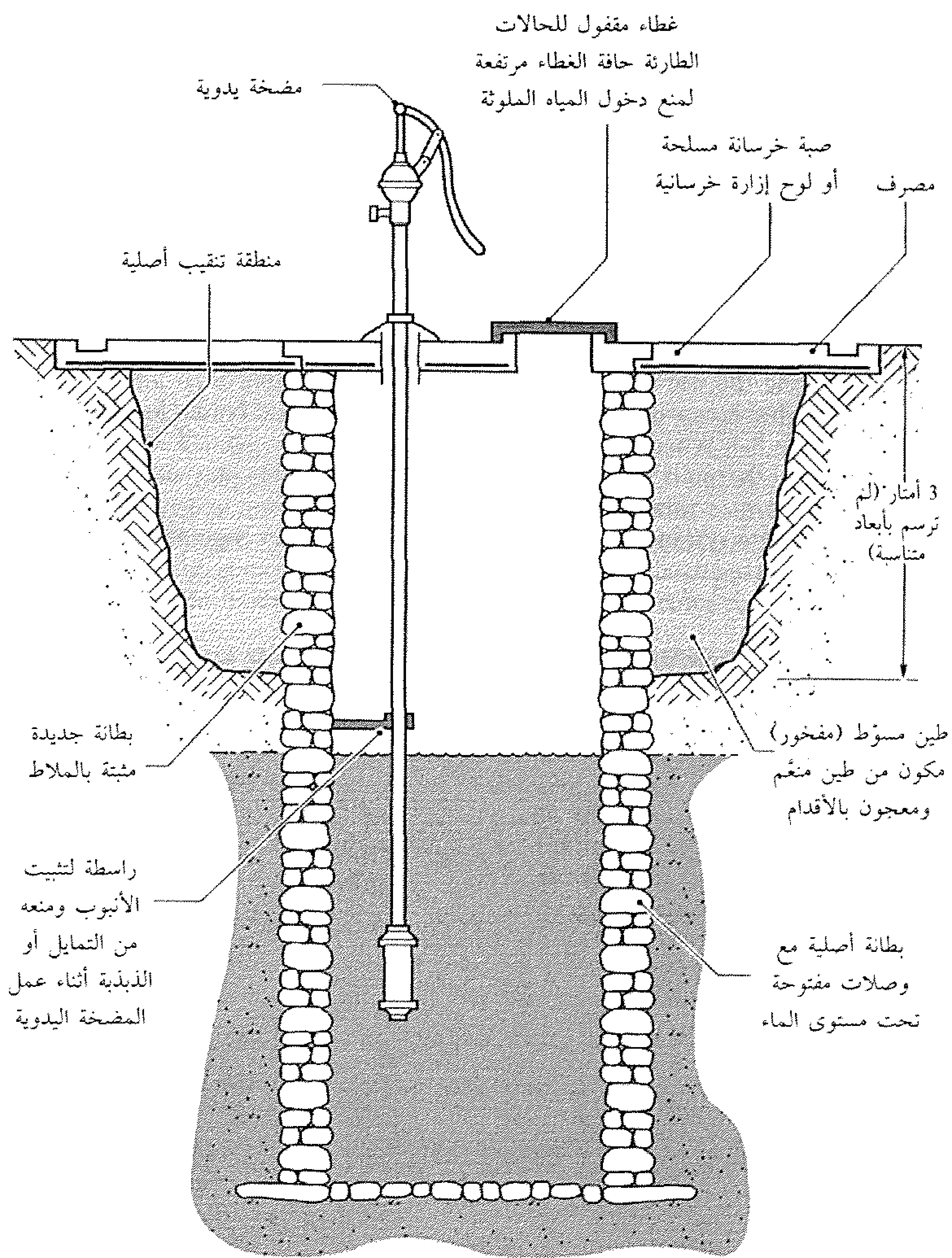
إذا ما أقيمت آبار جديدة بالقرب من الآبار القديمة التي لم يعد تحسينها ممكناً فيجب ردمها بعناية. ومثالياً، باستخدام ردم طيني على عمق 3 أمتار من السطح. ويحتاج هذا الأمر إلى موافقة مستخدمي الآبار الموجودة. وإذا لم تردم الآبار القديمة بهذه الطريقة فسوف يتلوث الماء الجوفي فينتقل التلوث إلى ماء البئر الجديدة.

تحتاج الآبار المفتوحة عادة وبصورة دورية إلى تنظيف. والوقت الأمثل للقيام بهذه العملية هو خلال فصل الجفاف، عندما يصبح الماء الجوفي في أوطأ مستوى له. ونحتاج لذلك، مضخة قوية شبيهة بتلك التي احتجناها في تفريغ البئر خلال عملية الإنشاء، إذا ما تعسر إفراغ البئر بالدلاء الكبيرة. ويمكن فحص داخل البئر من سطح الأرض باستخدام الضوء المنعكس من على سطح مرآة.

قبل أن ينزل أي شخص إلى داخل بئر يجب تدلية (إنزال) شمعة مضاءة للتأكد من عدم وجود غازات ضارة. فإذا خفق ضوؤها أو انطفأ وجب تهوية البئر قبل أن ينزل إليها أحد. وتتم التهوية مبدئياً باستخدام نظام تهوية أنبوبية يغذي قعر البئر بالهواء باستخدام منفاخ يدوي أو ضغط الرياح. وإذا تعذر وجود هذه الوسائل، فالبديل هو استخدام حبل طويل يرفع وينزل عدداً من المرات حزمة كبيرة من أغصان أشجار أو سعف نخيل خلال عمق البئر، بعدها يجب إعادة الفحص بالشمعة.

هذا وقد تُدخل الغازات الضارة إلى داخل البئر خلال عمليتي الإنشاء والإدامة، فيما يكون العمال داخل البئر. لذلك يجب أن يحتاط كل عامل بربط حبل على جذعه بشكل يضمن سحبه إلى الأعلى في حالة فقدانه للوعي. وينبغي أن يمر الحبل على بكرة مثبتة بإحكام على إطار معدني أو خشبي قوي موضوع فوق البئر كما ويجب أن يتوفر فريق من الناس بحالة تأهب لسحب وإخلاء أي شخص إن استدعى الأمر.

بعد تنظيف البئر يجب تطهيرها (انظر الجزء 5.3).




**الشكل 25:** مقطع عرضي لبئر حُسّن أداؤها لتزويدها بمضخة يدوية.
**المصدر:** WEDC.

## 4.3 ـ المياه السطحية

### 1.4.3 ـ مقدمة

كما تم ذكره في المربع 2، وبسبب النوعية الرديئة للمياه السطحية يجب الابتعاد عن هذه المياه وعدم استخدامها لأغراض الشرب ما لم تتم معالجتها أولاً. والذي قد يشذ عن هذه القاعدة هي المياه المأخوذة من ينابيع الجبال والتي تنبع من مستجمع الأمطار حيث لا يوجد نشاط بشري أو حيواني، وحتى هذه المياه لا تخلو من خطر.

هذا ويترشح بعض المياه السطحية طبيعياً عندما يمر الماء خلال جنبات ناضحة أو قعر الينبوع. والجزء القادم سيتفحص أولاً أثر استعمال منظومات الترشيح لتجميع مثل هذه المياه السطحية المرشحة. وأيضاً، يمكن استخراجها باستخدام الآبار وثقوب الحفر التي نوقشت في الجزء 3.3 حيث تكون الأنهار موسمية. المواد الصلبة التي تحملها هذه المياه هي في الأغلب رمال وحصى، والسدود الرملية هي طريقة أخرى لتجميع مياه سطحية مرشحة. ويتطلب بناء سد من الرمال، أو أي نوع آخر من أنظمة الترشيح مزيداً من العمل. وعليه يجب سؤال المهندس المختص لكي ينصحك بالتصميم الملائم وكذلك بتفاصيل البناء والإنشاء. ويلخص المربع 11 بعض النقاط المهمة حول أهم مداخل المياه السطحية.

**المربع 11: مقدمة حول مداخل المياه السطحية**

- يجب الامتناع عن سحب المياه السطحية بشكل مباشر ما لم تتوفر معالجات إضافية. والمياه الجوفية التي تسحب قريباً من المياه السطحية تكون ذات نوعية أجود بكثير من المياه السطحية. وعليه في حالة عدم توفر المعالجة الملائمة اختر هذه

المياه الجوفية إن كنت مخيراً بينها وبين المياه السطحية.

- ينبغي أن يتم تصميم مسارب المياه السطحية الخام من قبل مهندس، وإن على هذه المسارب، ولاسيما تلك المسلطة على أنهار، أن تواجه ما يلي:

- التغير في مستويات سطح الماء والتقلبات المفاجئة في سرعة الجريان.

- أنماط وأحجام مختلفة من المواد الصلبة التي يحملها الماء وبضمنها مواد كبيرة طافية قد تؤدي خلال الفيضانات إلى تخريب المسرب.

- احتمال تحرك النهر أو الينبوع بعيداً عن موقع المسرب.

- تصنف المسارب إلى:

- أنظمة ارتشاحية.

- مسارب فوق حوضية. ثابتة أو عائمة.

- مسارب تحت حوضية: سد تايرولين.

يوفر الجزء 4.4.3 سمات لتصميم ملائم لمسارب مياه سطحية يجمع الماء منها لأغراض المعالجة. ويتفحص الفصل 6 باختصار الخيارات المتاحة للمعالجة الجزئية أو الكاملة للمياه السطحية. وتتضمن هذه الخيارات الترشيح بالرمل وهي سيرورة مشابهة وليس مماثلة تماماً لأنظمة الترشيح المذكورة أدناه.

### 2.4.3 ـ ترشيح المياه السطحية

- **سراديب الترشيح**

يُتوقع أن يكون نطاق الماء الجوفي بالقرب من المصادر الدائمية

للمياه السطحية كالجداول، والبرك والبحيرات التي تكون قريبة جداً من السطح (الشكل 1) ويفضل استخدام الماء الجوفي هذا بدل استخدام المياه السطحية مباشرة، علماً بأن الماء الجوفي لا يكون صالحاً للشرب في بعض المناطق أو أن حالة الأرض قد لا تساعد على استخراجه بسهولة.

ولعل الصعوبة الأساس في تأسيس سرداب ترشيح (Infiltration Gallery) هي في حفر سرداب بعمق متر تحت مستوى الماء الجوفي. وهذا يحتاج إلى عمليات ضخ مستمرة بمضخات قوية وذلك لإبقاء السرداب جافاً، بالإضافة إلى حاجة جوانب السرداب إلى تقوية وإسناد. فاذا كانت التربة حول مصدر الماء السطحي ليست بتلك الدرجة من النضوحية للحصول على ما يكفي من ماء البئر، يصبح ممكناً إنشاء سرداب ترشيح في الحوض الذي يحتله الماء السطحي. ويتمثل هذا التكوين ببئر أنبوبية أفقية. وبدلاً من تبطينها، يستخدم أنبوب تجميع مُثقّب يحاط بالحصى والرمل لكي يتجمع داخله الماء المرشح بهذه الطبقات. ويجب أن توضع هذه المواد بعناية حول الأنبوبة وبشكل طبقات بما يشبه حشوة المرشح التي ذكرت سابقاً، لمنع وصول الدقائق والجسيمات الخشنة إلى الأنبوب وسد فتحاته. وإذا كان قعر البركة غير ناضح تُفرش مواد حبيبية مختلفة في القاع (انظر الجزء ب ـ ب في الشكل 26).

وحينما يكون قاع البركة ناضحاً، يجب من الناحية المبدئية إحاطة جوانب الأنبوب بطبقات عمودية منفصلة عن المواد الحبيبية، وهو أمر ليس بالسهل، لذلك توضع أثناء توسيد هذه المواد، ألواح تسقيف (Roofing Sheets) بشكل عمودي لتكوين حواجز وقتية بين المواد المختلفة ذات الحجوم المتباينة.

توفر عملية إحاطة الأنبوب أو الحصى الخشن المحيط به

بطريقة النسج الأرضي (Geotextile)، وهي عملية هندسة مدنية ملائمة، كطريقة بديلة لاستخدام المواد الناعمة التي يمكن بموجبها الاستغناء عن هذه المواد.

يجب سد أنبوب التجميع من أحد طرفيه حيث يقود الطرف الآخر الماء إلى بئر التجميع التي يُضَخ الماء منها بالطريقة العادية. ويمكن ضخ الماء أيضاً وبصورة مباشرة من سرداب الترشيح، علماً بأن هذه الطريقة غير مرغوب فيها ولا ينصح بها؛ لأنها تؤول إلى تقليل نوعية الماء (انظر الجزء 3.4.3).

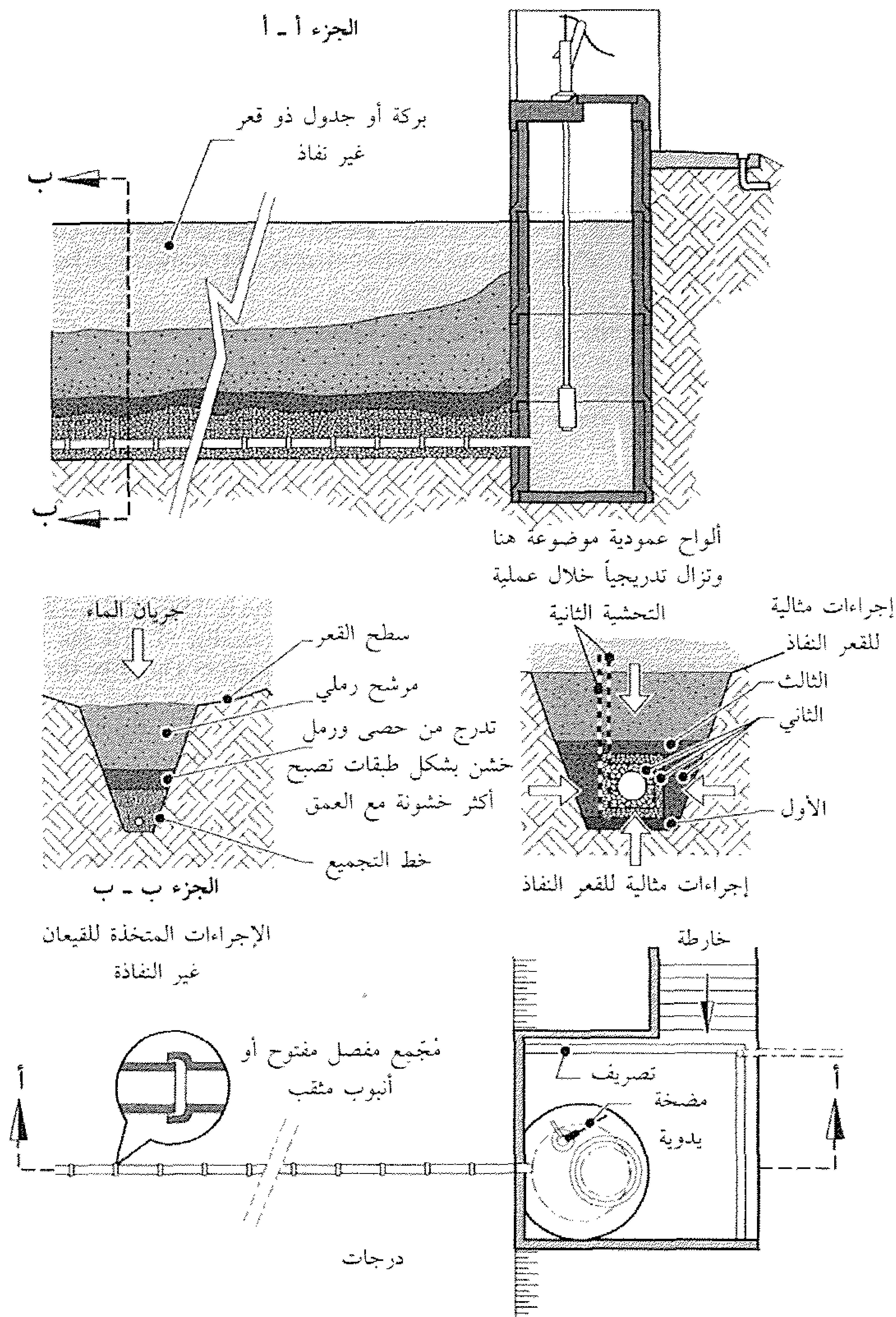
وهنالك طريقة واحدة نتجنب بموجبها مشكلة إنشاء سرداب ترشيح دون مستوى الماء الجوفي وهي بناء سرداب في أرض جافة إلى جانب الينبوع أو البركة، ويكوّن الحفر فوق المُرشح بشكل قناة أو بركة يوجه إليها بعض ماء المصدر المائي (الشكل 27).

من حيث المبدأ، يجب أن تُصمم وصلة المسرب (Inlet) من المصدر المائي الرئيس بحيث يمكن إيقاف جريان الماء من المصدر عند الضرورة.

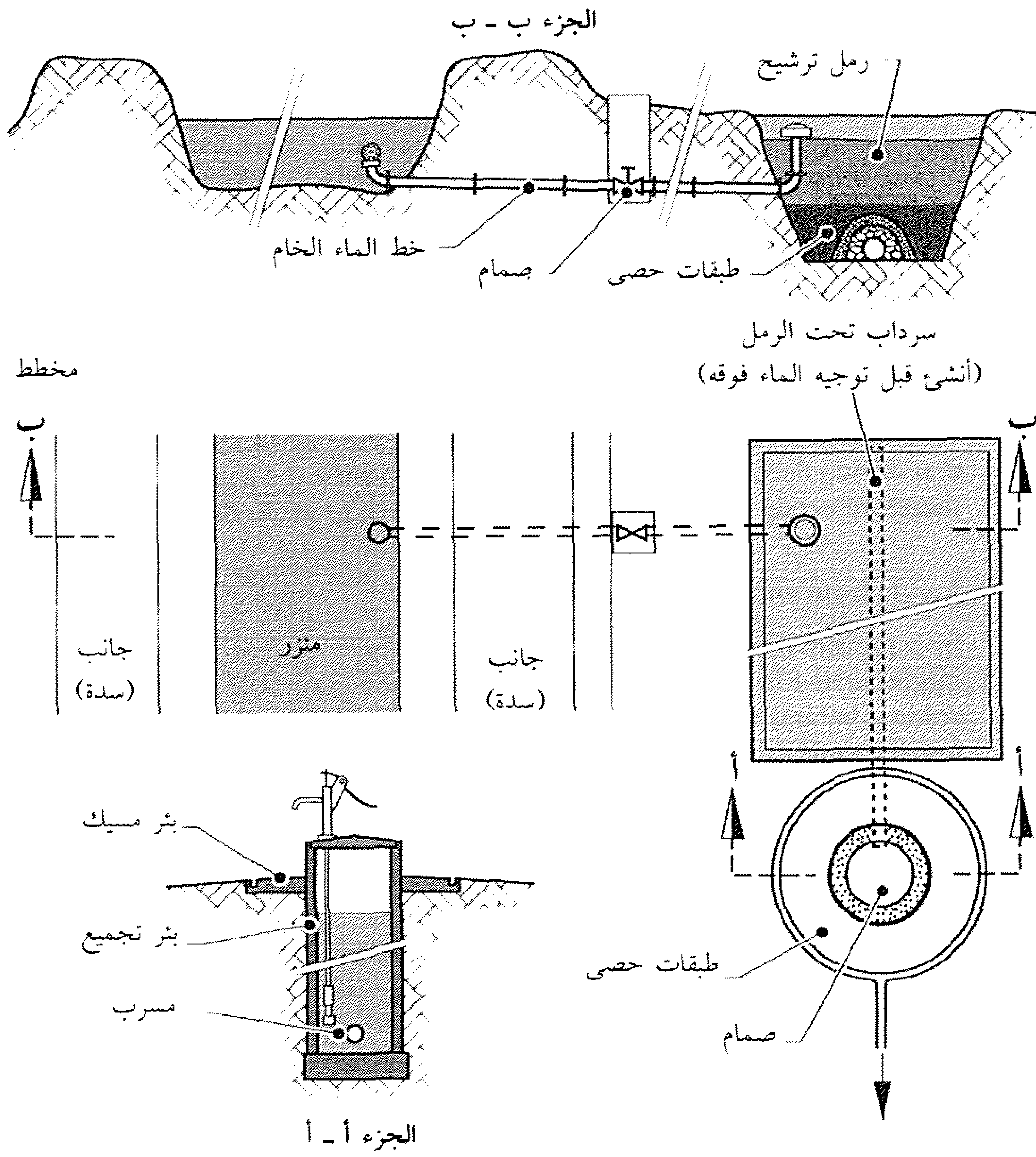
كذلك، يجب أن يزود السرداب بمُصرف جريان بالتثاقل (Gravity Flow Outlet) من البركة/ أو القناة، للسماح للماء فوق الحوض لكي يجفف (تصرف ماءه) عند الحاجة.

وبهذا التصميم يمكن تصريف الماء من القناة/ البركة بين فترة وأخرى. كذلك، يؤدي هذا التصميم إلى جعل سطح المرشح معرضاً بحيث يسهل تنظيف سطحه للتخلص من الترسبات التي يمكن ان تَسد المسامات والثقوب على سطحه. وفيما يكون سطح القاع مكشوفاً سيمكن ضخ الماء اليه خلال أنبوب يُقحم في الرمل لغسل الترسبات القاعية من المواد الناعمة التي يقتنصها المُرشح. واذا ما

سمح بجريان بطيء للماء من المسرب إلى القاع في الوقت عينه، فإن الترسبات المثارة سيتم التخلص منها هي الأخرى.




الشكل 26: سرداب ترشيح تحت جدول أو بركة محلية.
المصدر: (Rajagopalan and Shiffman) (1974).




الشكل 27: سرداب ترشيح تحت قناة منفصلة أو بركة.
المصدر: (Rajagopalan and Shiffman) (1974).

والخيار الآخر هو إنشاء مصرف (Gallery) فوق سطح الماء الجوفي أو تحته ولكن ليس بعمق كبير بحيث يجعل سطح الماء يرتفع عند الانتهاء من عملية الإنشاء. وعلى سبيل المثال، يمكن إنشاء المصرف إلى جانب النهر، بعد الانتهاء من إقامة السد؛ وذلك لرفع مستوى الماء في النهر. ستعمل هذه الطريقة أيضاً على رفع مستوى الماء في النهر نفسه، وترفع في الوقت عينه مستوى الماء الجوفي. فضلاً عن فائدة أخرى مضافة هي أن الماء المخزون خلف السد سيعوض ويزيد من نطاق الماء الجوفي. والخيار الآخر هو إنشاء

مصرف في قاع النهر الفصلي (Seasonal River) ومن ثم إنشاء سد على عرض النهر. إن لمثل هذا السد مشاكل تتمثل بترسيب المواد الصلبة الناعمة للعوالق وراء السد. وتعيق هذه الرواسب جريان الماء الجوفي إلى قاع البئر، ومن ثم إلى نظام الترشيح.

ولا تشكل هذه مشكلة عويصة إذا ما تدفق الماء الجاري إلى النهر دورياً ليزيد من سرعته وبالتالي إلى إعادة تعليق الرواسب وجرفها بعيداً.

وعندما يوضع نظام الترشيح في قعر النهر قد يتعرض إلى خطورة، أنه خلال الفيضان قد يتآكل القاع أو ينجرف معرضاً بذلك التصريف إلى الدمار. لذلك، يتطلب أن ينشأ نظام التصريف داخل عمق مناسب تفادياً لهذه الخطورة.

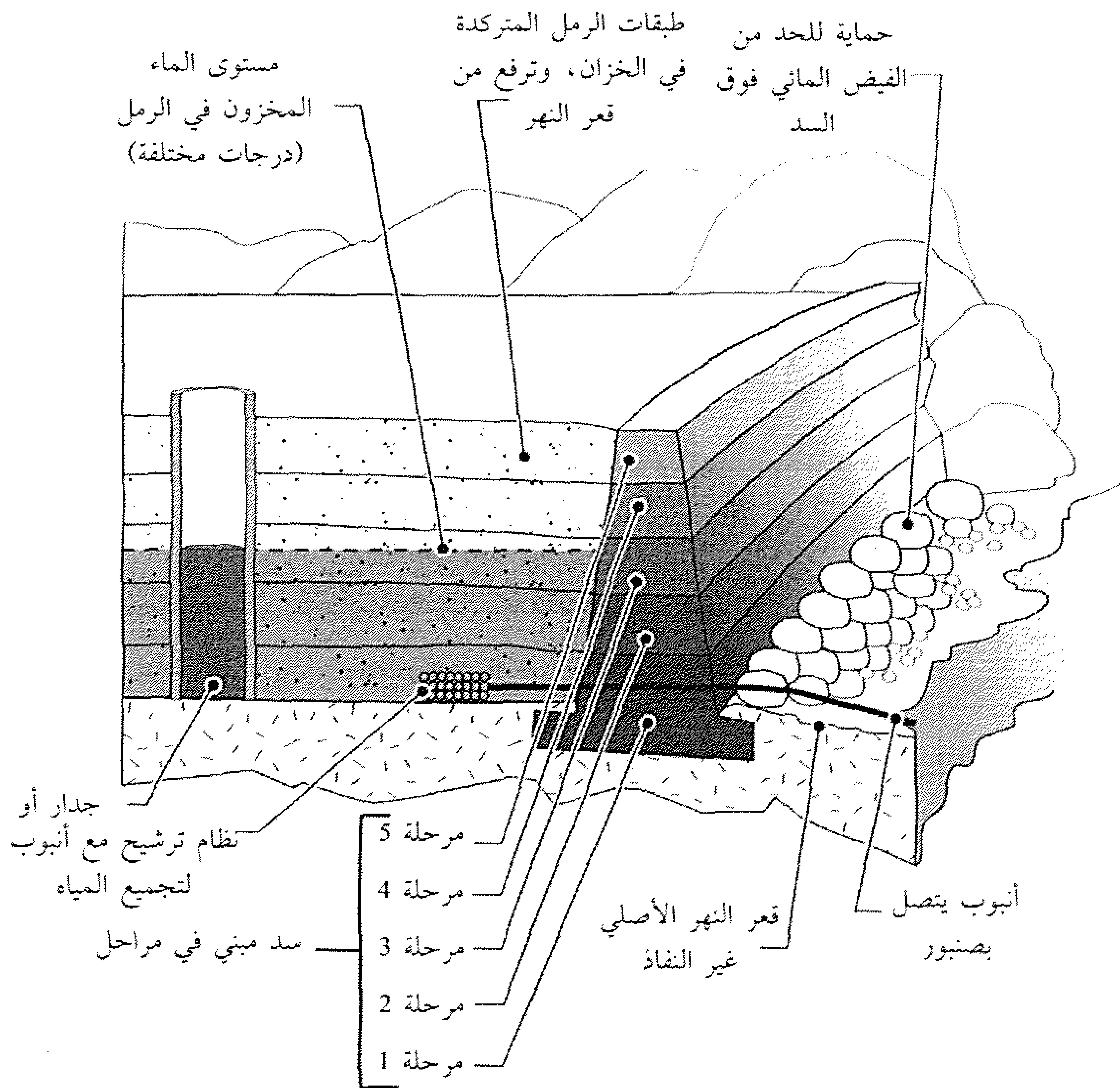
### سدود الرمل وسدود المياه الجوفية

إن المواد الصلبة التي يجرفها الماء، في بعض الأحيان، ولاسيما في حالة الجداول والنهيرات سريعة الزوال في المناطق الجافة، هي في الغالب رمال وحصى. فلدى بناء سد في عرض النهر فإن المساحة خلف السد يمكن ملؤها بهذه الترسبات الصلبة، لتشكل ما يسمى «بالسد الرملي» (Sand Dam) (الشكل 28). والماء المخزون بهذه الترسبات يصبح متاحاً خلال السنة، عدا أنه سيكون منقى جزئياً بالترشيح نتيجة مروره خلال الرمل. وفي فصل الجفاف، ومع تعرض سطح الرمل للظروف الخارجية، إلا أن الماء تحته سيكون محمياً من التلوث والتبخر.

وكما هو مبين في الشكل 28 يمكن بناء سد الرمل على مراحل، ويضاف شيء قليل إلى السد ليرتفع بضع إنشات كل سنة، وذلك لضمان أن الرمل والحصى قد ترسبا وراء السد، وإن الجسيمات الأدق من الطمي والغرين قد تم جرفها بالماء الطافح بدلاً من أن تكون طبقات كاتمة غير راشحة في الراسب، وبما أن السد قد صمم لكي يجري فوقه الماء فيتطلب بناؤه من الخرسانة أو الحجر أو الآجر

(الطابوق) (الحجر) وذلك لأن السدود الترابية تجرفها المياه والسيول. هذا ويتم جمع المياه من الرمل أو الحصى باستخدام مصرف ترشيح مشيد في السنة الأولى للترسبات، وإلا فبالإمكان استخدام بئر.

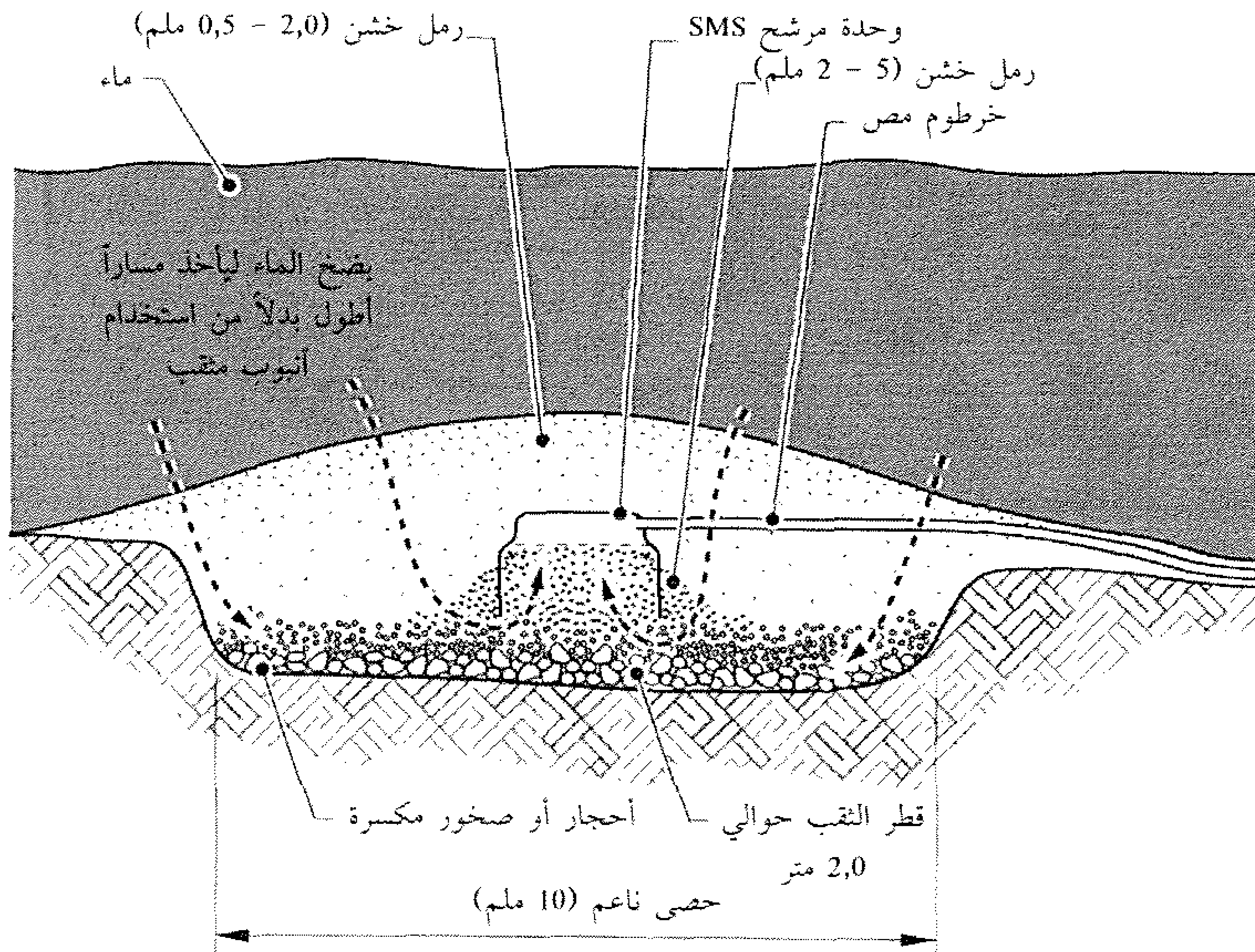
والخيار الثاني للجداول الموسمية (سريعة الزوال) تتم بإنشاء سد مياه جوفية في المخلفات الراشحة في قعر الجدول. يعمل هذا السد على منع طفو وجريان المياه تحت قعر النهر. وبديلاً عن ذلك، فإن المياه ستخزن بشكل جاهز للاستخراج بإقامة بئر أو نظام ترشيح. ومن محاسن هذا النوع من السدود أنها لا تشمخ فوق قاع الجدول وبذلك لا تسبب فيضان أو طوفان الماء السطحي.




الشكل 28: سد خزن رملي نمطي.
المصدر: Nilsson (1988).

## 3.4.3 ـ الترشيح بالمص المعضد

توصل بعض أنظمة الترشيح إلى مضخات (يدوية أو آلية) لزيادة معدل استخراج الماء من التربة. و يجب أن تستخدم هذه الأنظمة بعناية، إذ إن معدل الجريان السريع يقلل في الغالب من فاعلية الترشيح، لأنه يسحب الجسيمات الناعمة إلى عمق المرشح فتعاق عملية الترشيح بإعاقتها لسرعة الجريان. إن الماء المستخرج بهذه المرشحات قد يكون ذا نوعية أفضل من نوعية ماء المصدر، ولكنه قد لا يكون خالياً من العوامل الممرضة.




قد يكون هذا التصميم ملائماً لبركة أو جدول ذي قاع غير نفاذ، وعندها سنحتاج إلى دفن المرشح عميقاً في قاع الجدول لتجنب تعرضه إلى ضرر أثناء ارتفاع منسوب الماء أو الفيضان.

**الشكل 29:** المرشح SWS.
**المصدر:** SWS (1992).

ومن الأمثلة على هذا النظام مرشح SWS، الذي يمكن دفنه في قاع الجدول فهو مكون، أساساً، من صندوق بلاستيكي مقلوب ومقوى بألواح معدنية مثقبة (أو ذات حواجز) (الشكل 29). وتعمل

الشقوق المستدقة في اللوحة بشكل خاص على توسيع الفجوة فوق الصفيحة، إلا أن هذه الشقوق المستدقة في اللوحة قد تقلل من خطر احتشائها بالجسيمات المنقولة في الماء، وذلك لأن هذه الجسيمات إما أن تبقى خارج الشق أو أن تمر من خلاله بسهولة.

يُملأ المرشح SWS بالحصى الناعم والرمل الخشن جداً، قبل استخدامه، كما ويربط على الجزء العلوي منه غطاء مُحكم مؤقت. عندئذ يُقلب الصندوق ويرخى فوق مادة حبيبية موضوعة في ثقب تم حفره في قاع مصدر للماء السطحي، حيث يزال الغطاء المؤقت من تحت الصندوق، عندئذ يتم ملء الثقوب حول الصندوق بمواد أخرى ملائمة من المادة الحبيبية؛ وذلك لدفن الصندوق وإكمال الترشيح.

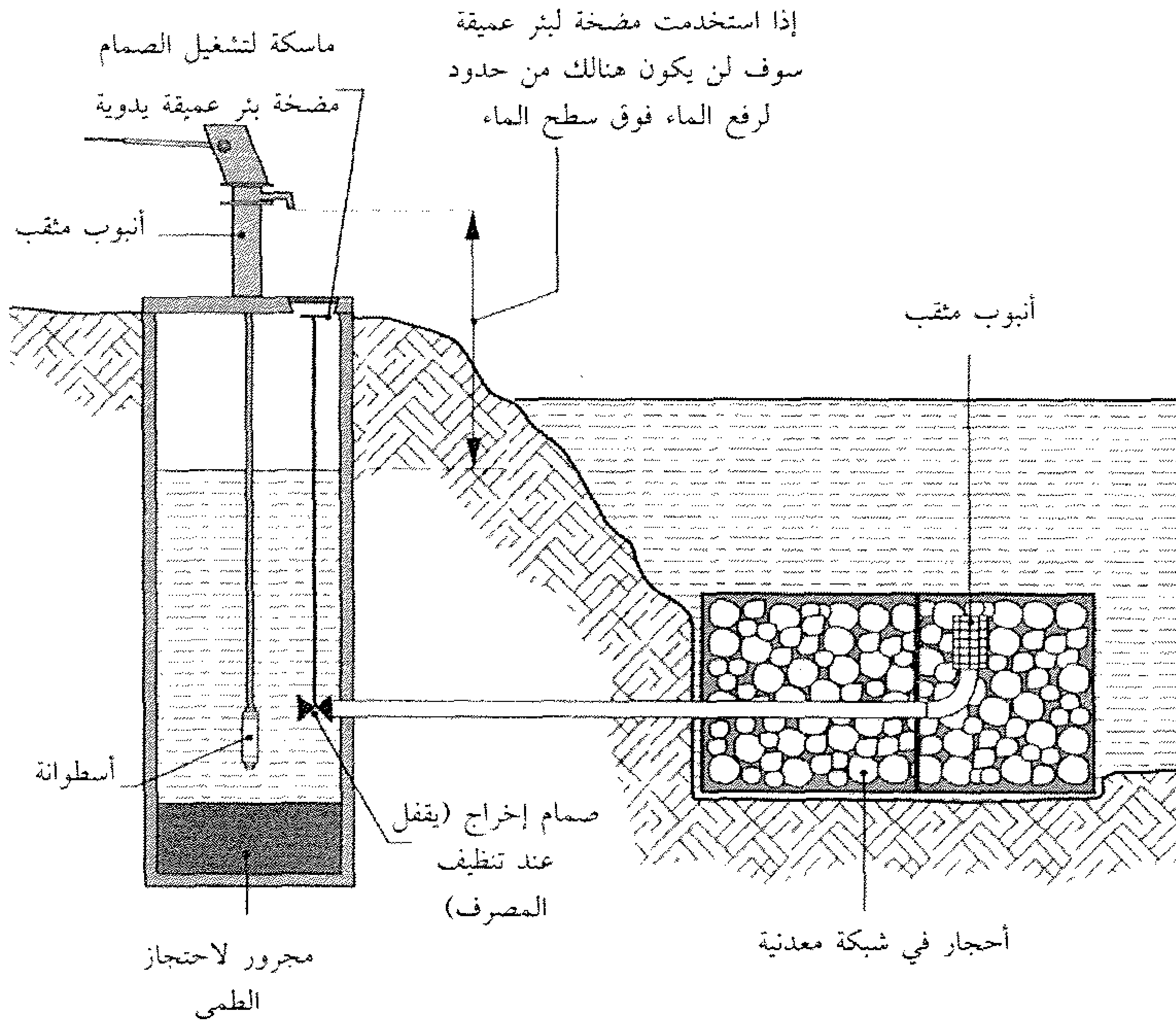
وبدلاً من ذلك، ولاسيما في المصادر المائية الراكدة (كالبرك) يمكن وضع الصندوق على القاع، أو دفنه في مرتفع صغير من مواد حبيبية ملائمة (الشكل 29). وفي كلا الحالتين، ولدى دفن الصندوق يتطلب استخدام ضخ قوي لإنشاء مرشح متدرج أو تدريجي حول الصندوق. وبعدئذ، يمكن أن يعمل بطريقة مماثلة لمصرف ترشيح عندما يتم نصب مضخة اعتيادية.

وفي حال انتفاء خطر انجرافه عند فيضان الجدول، سيمكن تثبيت المرشح SWS بشكل دائم تحت قاع الجدول. وإن كان مستخدماً تحت جسم مائي راكد كما في حالتي السدود أو البرك، فإن القاع قد يصبح محتشياً (مسدوداً). وأهم موقع لهذا النوع من المرشحات هو ذلك الموقع المكون من قاع من رمال خشنة.

### 4.4.3 ـ المسارب إلى النهر أو البركة

إن لم يكن ممكناً الحصول على الماء من قيعان الأجسام المائية السطحية، فبالامكان الحصول عليها مباشرة من تكوينات مسربية

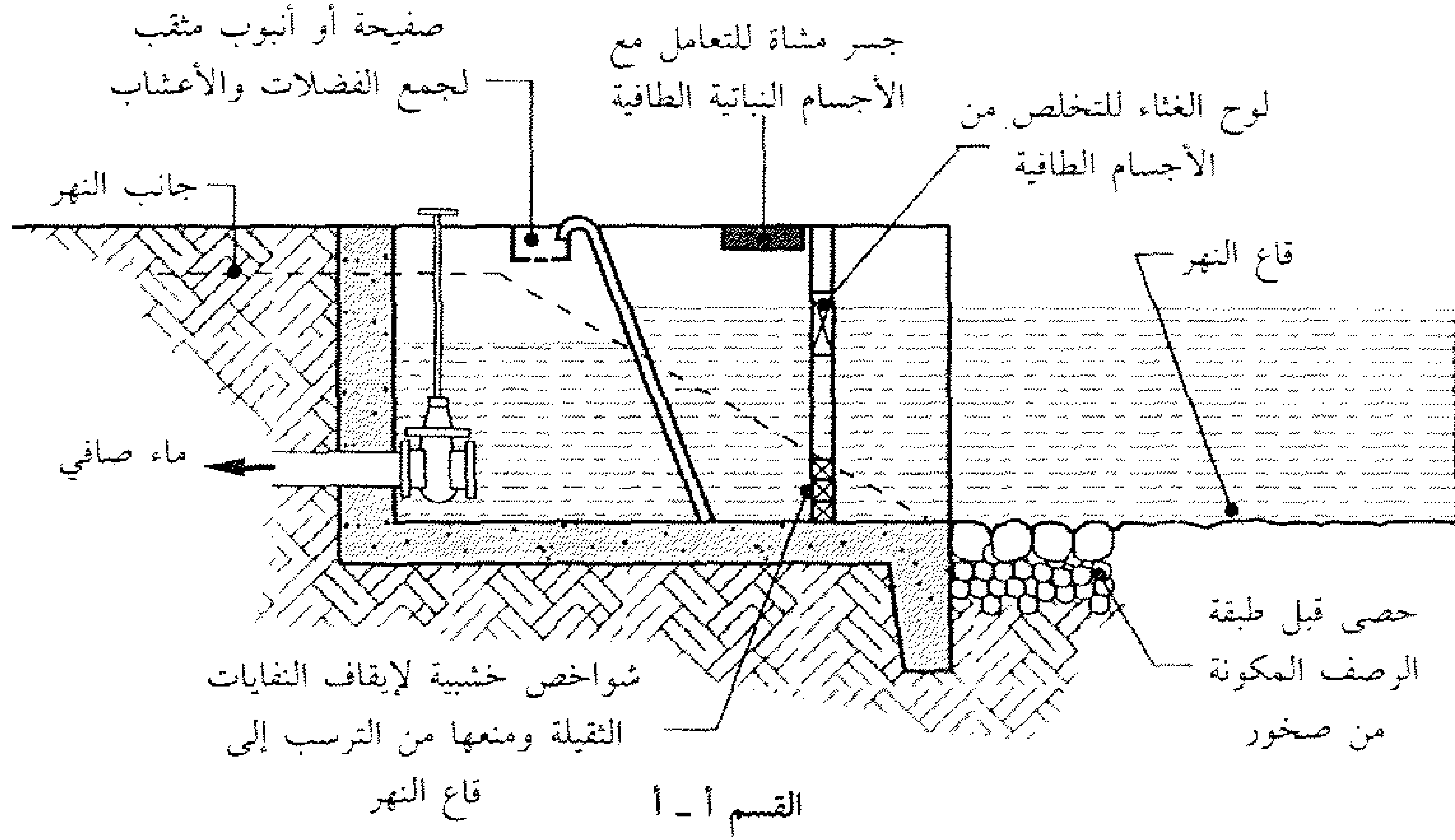
طافية أو ثابتة، إلا أن الماء الخام المجمع بهذه الطريقة يحتاج، بطبيعة الحال، إلى بعض المعالجة. كما إن تصميم ترتيبات المسرب يحتاج إلى تخطيط وعناية مسبقة، لذلك من المستحسن الاعتماد في ذلك على خبرة هندسية. فالتركيب المصمم بصورة خاطئة سرعان ما يجرفه تيار الفيضان، أو يحتشي بالطمى أو يبقى جافاً عندما ينخفض مستوى الماء.

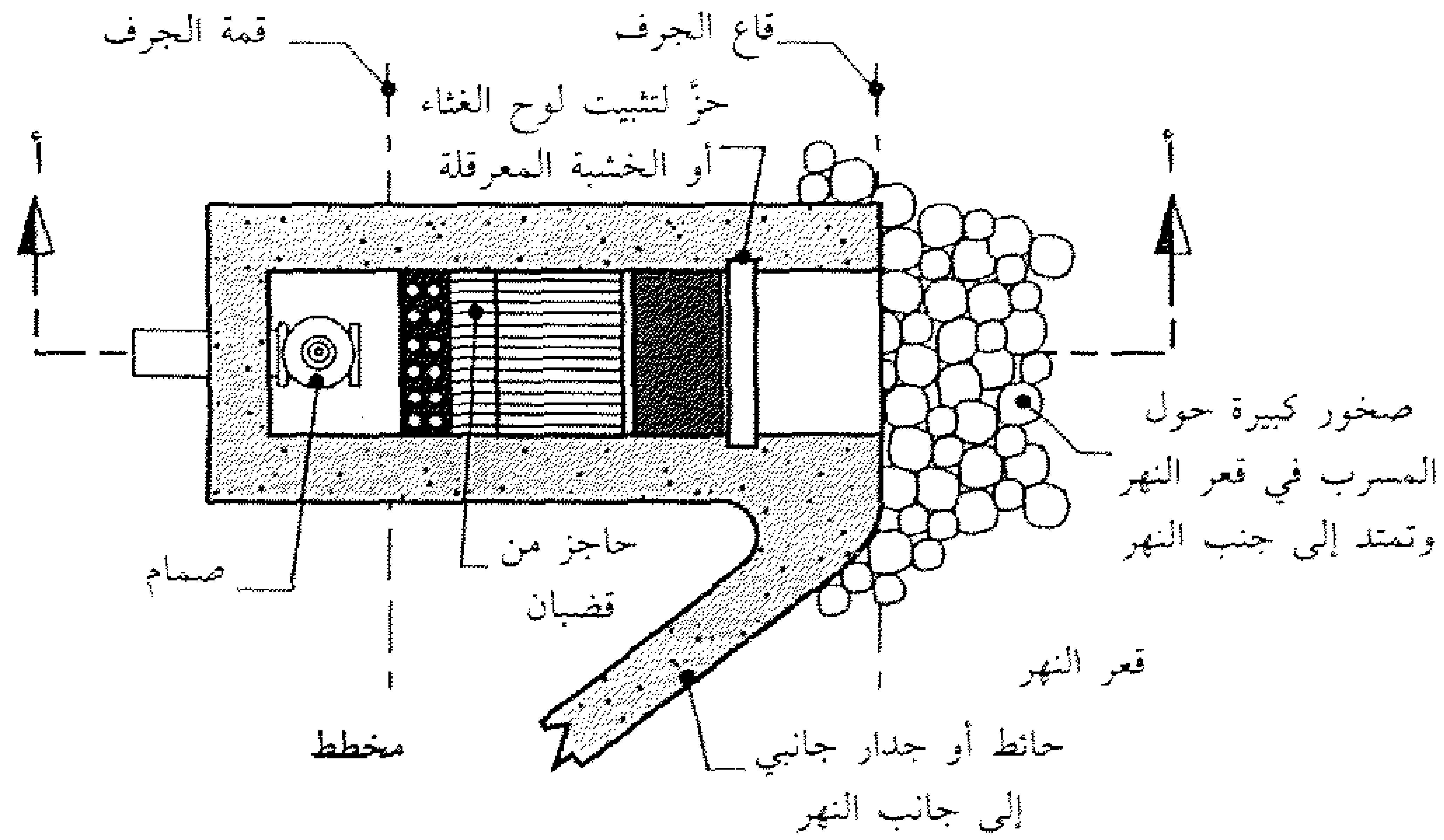



الشكل 30: مسرب تثاقلي ثابت مع مجرور ومضخة يدوية.
المصدر: Pickford (1991).

إن من غير المستحسن أو السليم إلقاء أنبوب في نهر لتكوين مسرب، فالأنبوب المسربي الثابت يجب أن يحكم بشدة في موقعه وبارتفاع معقول فوق مستوى قاع النهر، مما يمنع اندثاره بين المخلفات. كما ويجب تغطية نهايته داخل النهر بنوع من المعدن المشبك لمنع دخول ألياف الأوراق وغيرها من النفايات. وأن يكون

في المتناول للتنظيف الدوري، وأن تحمى الأجزاء المعرضة والمكشوفة من الأنبوب من الأضرار المحتملة التي يحملها تيار الماء كالأشجار وبقايا النباتات. وتتم الحماية باستخدام الخرسانة أو دعامة من صخور كبيرة (الشكل 30)، أو إطار خشبي ثقيل يثبت بأوتاد إلى قعر الجدول أو النهر.



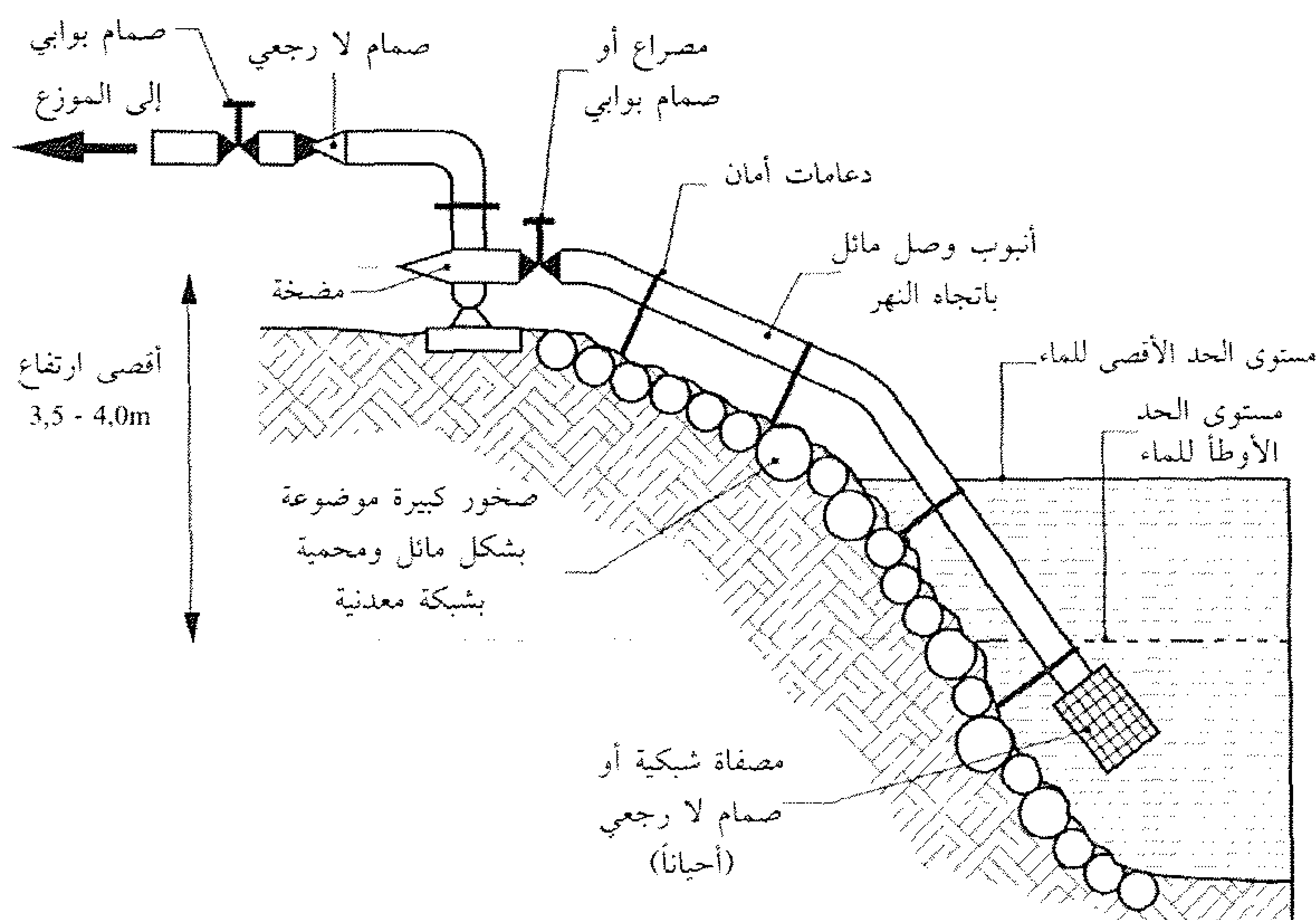

الشكل 31: مسرب جانبي محمي.
المصدر: Pickford (1991).

يجب أن لا يكون مستوى المسرب قريباً جداً من مقر المصدر المائي حيث توجد التراكيز الأعلى للمواد الصلبة العالقة. كما لا ينبغي أن يكون مرتفعاً إلى درجة يصبح مكشوفاً عندما ينخفض مستوى الماء بسبب تغيرات الجريان الموسمية. ويمكن استخدام سد صغير يعترض المجرى لضمان عمق كاف من الماء في المسرب على امتداد السنة. ومبدئياً يجب أن يحتوي السد العرضي على بوابة منزلقة كبيرة الحجم، أو صمام في مستوى واطئ في جسم السد.

وتفتح هذه البوابة دورياً لغسل ما يترسب من مواد صلبة خلفها.

هذا ويمكن إنشاء مسرب جانبي على ضفة النهر أو الجدول. ومن المفضل انتقاء منطقة صخرية حيث تُحكم حركات الجدول الجانبية. كما يجب أيضاً أن تكون جزءاً مستقيماً من الضفة، أو على الجزء الخارجي من منحنى أو منعطف، وذلك لأن معظم الترسبات، التي يمكن أن تسد المسرب، تقع في الجزء الداخلي من المنعطف.

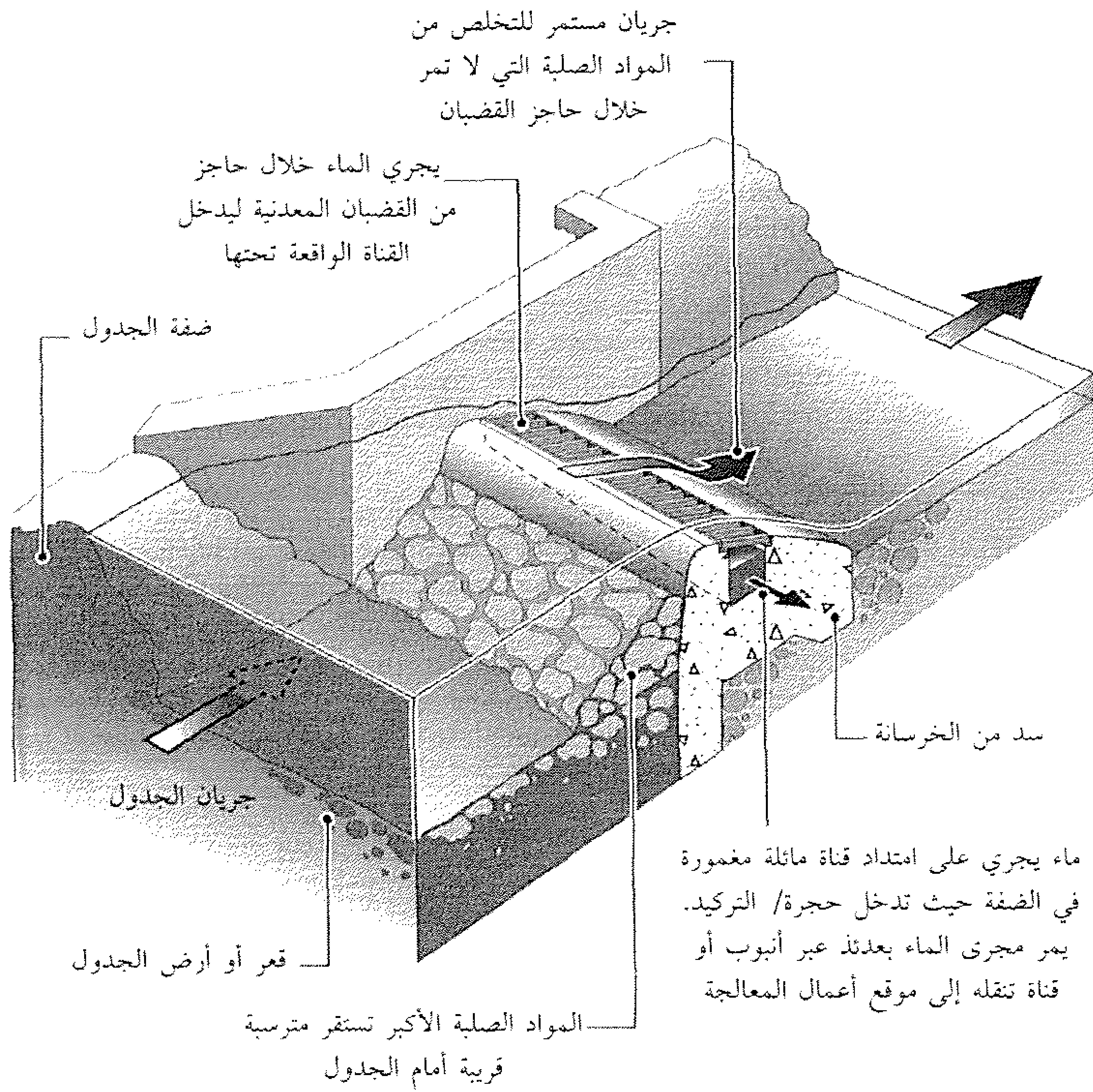
من ناحية أخرى إذا كانت الضفات على الجزء الخارجي من المنعطف معرضة إلى تآكل أو انجراف مستمرين فالموقع لا يكون جيداً. ويمكن استخدام حاجز مائل من قضبان معدنية (الشكل 31) في المدخل لتصفيته من الأنقاض والمخلفات الكبيرة. ولكن، الحطام والمخلفات التي تشبك في الحاجز يصار إلى التخلص منها باستخدام خرماشة معدنية بين فترة وأخرى لكي لا تُسد المنافذ. ويمكن استخدام لوح غثاء (Scum-board) بمستوى عال لتقليل احتمالية دخول المواد الطافية إلى المسرب.




**الشكل 32:** مسرب مص ثابت مع مضخة آلية.
المصدر: Pickford (1991).

ويكون المسرب الطافي (Floating Intake) ذا أهمية خاصة في الأنهار والجداول التي يتغير فيها مستوى الماء بشكل كبير. ويسمح الأنبوب المرن لمستوى الارتباط أن يتغير مع تغير مستوى الماء. فإذا كان المسرب يتدلى من الطافي (Float) بمقدار نصف متر دون سطح الماء، فإنه سيتجنب تجميع الطافي من الركام والأوساخ وكذلك سيُجمّع مياه تحتوي على القليل من المواد الصلبة العالقة بالمقارنة مع المواد الصلبة الموجودة عميقاً تحت السطح.

ويمكن تجهيز المدخل بحاجز خشن حول المسرب الطافي طالما أمكن تنظيفه دورياً، وبعكسه فالمسرب يحتاج إلى حماية من الضرر الناجم عن الفيضان. فإذا ما جهزت ضفة المصدر المائي السطحي بخزان شبيه بالبئر فسوف يُجذب الماء من المسرب إلى البئر. بعدئذ سيمكن استخراجه من البئر بواسطة حبل ودلو، أو مضخة يدوية (الشكل 30).




**الشكل 33:** سد تايروليان.

وهنالك حدود للعمق الذي يمكن رفع الماء منه بواسطة المص. ولا يزيد هذا العمق عن 3.5 متراً باستخدام المضخة النابذة (Centrifugal Pump) (الشكل 32). وقد قيل الكثير عن هذه المحدودية في الجزء 2.5.4. فإذا كانت المضخة دون سطح الماء، فإن هذه المحدوديات يبطل تطبيقها.

وهنالك نوع من المسارب يلائم الجداول الضحلة في الجبال والتي لا تحتوي على كثير من المواد الصلبة العالقة في المسرب القاعي أو «سد تايروليان» (Tyrolean Weir).

ويحتوي هذا السد على صفيحة مائلة ومثقبة، أو حاجز من قضبان معدنية متقاربة، وموضوعة حول قناة في أرضية الجدول (الشكل 33).

وقد اختيرت حجوم الثقوب أو المسافات البينية لتحديد حجوم المواد الصلبة التي يمكن أن تدخل القناة، والتي يجب أن تكون حرة التصريف.

تقوم القناة بلفظ الماء المجمع إلى نقطة معينة كصهريج أو خزان ترسيب (انظر الجزء 3.6). وما يتجمع على حاجز تايروليان من أجسام ونفايات كبيرة الحجم تنساب أو تغسل بين الفينة والأخرى لتتسرب إلى الجدول أو النهر. وهكذا، يكون الحاجز إلى حد ما ذاتي التنظيف.

## 5.3 ـ التطهير بعد التشييد

قبل استخدامها كمصدر لمياه الشفة، يجب تطهير البئر والصندوق النابضي، وصهريج الخزن، والنظام الأنبوبي بالإضافة إلى المضخة، وذلك لقتل الجراثيم الممرضة التي يمكن أن تتواجد عليها. وعملية التطهير قد تكون أيضاً ضرورية بعد القيام بأعمال الصيانة. ويبين الجزء 5.6 استخدام التطهير في معالجة المياه، بينما يتطرق الجزء القادم إلى استخدام التطهير بعد الإنشاء والتشييد مباشرة.

ومن أبسط وأسهل المطهرات المتاحة الكلور. والكلور موجود في المسحوق القاصر (الكلور الجيري)، ومسحوق الهيبوكلوريت عالي الاختبارية (HTH) الذي قد يتواجد أيضاً بشكل أقراص، وفي القاصر السائل (هيبوكلوريت الصوديوم)، وماء جافيل (Javel Water). وتعتمد كمية الكلور التي تحتويها هذه المركبات على المُصنّع وطريقة الخزن، وإن التعرض للهواء، أو الرطوبة، أو الضياء يقلل من كمية الكلور المتاح فيها. لذلك، يتوجب خزن هذه

المركبات في أماكن باردة، وجافة، ومعتمة. ونمطياً، عندما تحضر حديثاً، تبلغ نسب الكلور المتاح اعتماداً على الكتلة في المسحوق القاصر 35 في المئة، وفي مسحوق الهيبوكلوريت (HTH)، 70 في المئة، وفي القاصر السائل 5 في المئة، وفي ماء الجافال 1 في المئة. وحتى في حالة الخزن الجيد، قد تفقد بعض هذه المركبات أكثر من نصف شدتها في فترة سنة.

يتفاعل الكلور مع المواد العضوية التي يتعرض لها فيتبقى قليل من الكلور المتاح لقتل الجراثيم. وهذا يعني أننا نحتاج إلى جرعة أعلى في معالجة المياه الحاوية على مواد عضوية وشوائب، والهدف إيجاد كمية كافية من الكلور تبقى بتماس مع الجراثيم لفترة من الزمن لقتل الجراثيم. وتحتاج القيمة الحرة المتبقية (Free Residual Value) (تغني الكمية النهائية للكلور الفعال المتاح الذي لا يزال موجوداً) أن تزيد عن 0.3 ملغراماً من الكلور في ليتر من الماء (0.3 ملغم/ ليتر أي 0.00003 في المئة أو 0.3 جزء من مليون جزء كتلة) ولفترة 30 دقيقة.

وكما تم ذكره، وعندما تستخدم تراكيز عالية من المطهرات، فإن السائل المطهر المفيد هو محلول 0.2 في المئة من الكلور (كتلة) في الماء. ولتحضير 25 ليتراً (حوالي سطلين) من محلول يحتوي على 0.2 في المئة من الكلور (كتلة) (أي 2000 ملغرام/ ليتر)، يضاف 150 غراماً من مسحوق قاصر حديث (حوالي عشر ملاعق طعام ممتلئة) أو 70 غراماً من HTH حديث إلى 25 ليتراً من الماء. وبديلاً عن ذلك يضاف 1 ليتر من سائل قاصر حديث إلى 24 ليتراً من الماء، أو 5 ليترات من ماء جافال حديث إلى 20 ليتراً من الماء، ويمزج المحلول جيداً. وإن كنت تستخدم مسحوقاً قاصراً، حرك المحلول لمدة 10 دقائق، اترك الصلب إلى أن يستقر ثم اسكب الرائق واستخدمه للتطهير فيما يترسب في قعر السطل راسب أبيض يمكن التخلص منه بدفنه في أرض.

لتطهير ثقب حفر اسكب فيه ما يكفي من المحلول 0.2 في المئة لضمان استمرار فاعليته عند تخفيفه بالماء الموجود في الثقب فيبقى ما يكفي من الكلور لقتل الجراثيم الممرضة. وفي المربع 12 طريقة لحساب حجم محلول حاوي على 0.2 في المئة من الهيبوكلوريت لاستخدامه في تطهير بئر. وبعد إضافة المحلول إلى ثقب حفر، شَغِّل المضخة حتى تصبح للماء المتدفق رائحة الكلور المتميزة، انتظر بعدئذ لمدة ساعة واحدة قبل معاودة الضخ. كرر عملية الضخ والانتظار هذه عدة مرات، ثم اترك البئر بعدها من دون استخدام لمدة 12 ساعة.

وبعد انتهاء فترة الانتظار هذه ضخ الماء إلى قفر أو أرض بور حتى تختفي رائحة الكلور.

وبالنسبة إلى الآبار الحديثة المحفورة باليد والتي لا تزال مجففة، يمكن استخدام طريقة مشابهة لما ذكر في الصفحات 128، 129، 130 و131 من هذا الكتاب. بالنسبة إلى صندوق النابض، وصهريج الخزن حيث يتطلب شطف الجدران الواقعة بين مستوى الماء الحالي وأعلى مستوى يُتَوقع أن تصله المياه. ويجب توفير احتياطات أمان مناسبة (الجزء 4.3.3) لجعل الناس أعلى البئر قادرين على سحب عامل الصيانة إلى الأعلى إن تطلب الأمر.

وإذا كانت البئر مليئة بالماء، عليك باستخدام الطريقة الموصوفة في المربع 12.

**المربع 12: كمية الكلور اللازمة لتطهير المياه في بئر حديثة التشييد**

تحتاج أولاً إلى إيجاد حجم البئر (V) بالأمتار المكعبة ($m^3$).

وتحسب هذه القيمة من ارتفاع الماء في البئر (H) بالأمتار

(ويمكن قياس ذلك باستخدام خيط وحجر)، وقطر البئر (D) بالأمتار.

$$V = 3.14 \times H \times D \times D/4 = 0.785 \times H \times D^2$$

وتعتمد كمية الكلور اللازمة لتطهير ماء البئر بصورة ناجحة على كمية التلوث البكتيري وعلى مستوى التلوث بالمواد العضوية، وعادة يعتبر التركيز، 0.01 في المئة (100 غرام/ المتر المكعب) كافياً وملائماً.

لإيجاد كتلة الكلور، (M) (بالغرامات) اللازمة لتطهير حجم الماء في البئر، اضرب التركيز المطلوب في (غرام/ متر مكعب) بالحجم V (بالأمتار المكعبة):

$$M = 100 \times V \text{ grams}$$

ولإيجاد حجم المحلول المركز أو المسحوق المطلوب استخدامه للحصول على كتلة الكلور الملائمة في البئر، لاحظ المثال القادم. فإذا كان للبئر قطر داخلي مقداره 1,2 متراً (D=1,2) وعمق الماء المخزون 2,6 متراً.

$$V = 3.14 \times 2.6 \times 1.2 \times 1.2/4 = 2.94 \text{ m}^3 \text{ of water}$$

2.94: متر مكعب من الماء

$$M = 100 \times 2.94 = 294 \text{ g}$$

كمية الكلور المطلوب:

وفي ما يلي ثلاثة أمثلة لحساب كمية الكلور الضرورية والمستحصل عليها من مصادر مختلفة.

باستخدام محلول 0.2 في المئة المحضر سابقاً، والحاوي

على 2 غرام من الكلور في ليتر من الماء، وذلك لتزويدنا بـ 294 غراماً نحتاج 147 l = (294/2) من المحلول 2 في المئة. وهذا يعادل 12 سطلاً تقريباً.

ويمكن اعتماد عدد أقل من السطول إن احتوت على محاليل أقوى. وهذا سيكون أسهل استخداماً وتحضيراً.

لدى استخدام قاصر يحتوي على 5 في المئة كلور (حوالي 50 غم كلور/ في ليتر). وللحصول على 290 غم من الكلور نحتاج إلى حجم 5.81 ليتراً من القاصر ليتر 5.8 = (290/50) ومع أننا نحتاج إلى 5.8 ليتر من القاصر فقط إلا أنه من الأفضل مزج هذا القاصر أولاً بعدد من سطول الماء مستخرجة من البئر، فإن ذلك يعمل على توزيع الكلور بصورة متجانسة بشكل أفضل من إضافته بشكل مباشر.

باستخدام المسحوق القاصر (35 في المئة كلور، أو 350 غم/ 1000 غم من المسحوق)، وللحصول على 290 غم، وهي الكمية المطلوبة، نحتاج إلى 828 غم من المسحوق = (290/0.35) ومن الأفضل مزج هذا المسحوق في عدد من سطول الماء المأخوذة من البئر، ومن ثم السماح للمادة الصلبة أن تستقر قبل سكب الماء المكلور والصافي مرة أخرى إلى البئر، بعد سكب محتويات السطول إلى البئر.

مرة أخرى، حرك الماء في البئر بتحريك السطل المربوط بالحبل تكراراً خلال ماء البئر للمساعدة في نشر الكلور بصورة متجانسة في ماء البئر.

إذا تطلب تطهير بئر قد تلوثت تلوثاً مؤقتاً أو جزئياً يجب تقليل مستوى الماء فيها على قدر المستطاع قبل البدء بعملية التطهير. فإذا استعصت عملية استبدال أو نزح الماء لأن العمل قد تم خلال فصل

الأمطار/ أو لكون المضخات المتاحة غير ملائمة، فقد يبقى كثير من الماء المراد تطهيره داخل البئر. عندئذ يجب تنظيف الجدران المعرضة داخل البئر بطريقة الدعك. بعدئذ يجب حساب كمية الكلور المطلوبة لتطهير حجم الماء الباقي في البئر، وكما تم وصفه بالنسبة إلى البئر الحديثة في المربع 12، تضاف بعد ذلك الكمية الملائمة من المحلول الحاوي على 0.2 في المئة من الكلور. ولدى توفر مضخة يدوية يجب تشغيلها حتى تصبح رائحة الكلور في الماء الذي يصل إلى السطح قوية جداً. وكما هو الحال مع ثقب الحفر، يجب أن تترك البئر والمضخة دون استخدام طوال الليل قبل نبذ الماء إلى القفر (أرض بور) حيث تقل قيمة الكلور المتاح إلى مستوى يصبح فيه مذاق الماء ورائحته مقبولين من قبل المستهلك.

ويبقى بعض الكلور فعالاً في البئر لمدة أسبوع أو أكثر اعتماداً على سعة البئر ومعدل الضخ وتتداعى هذه الفعالية مع الوقت.

ليس من الملائم عند تطهير الصندوق النابض أو صهريج الخزن، أن يملأ بالماء المكلور ما لم يكونا صغيرين في الحجم. وبدلاً من ذلك، قم بمزج ثلاثة سطول بالمحلول الحادي على 2 في المئة، وادعك الجدران الداخلية لهما بالإضافة إلى القاعدة بهذا السائل.

هذا ويجب على الشخص الذي يقوم بغسل جدران البئر أو صندوق النابض، أو صهريج الخزن من الداخل أن يضع نظارات واقية لحماية عينه/ أو عينها من سائل التطهير.

ومن المهم كذلك أن يهيأ ماء نقياً لغسل عينه حالاً إن دعت الحاجة. ومع كل هذه الاحتياطات تتعرض العين وبقية الجسم إلى رذاذ السائل في بعض المراحل. وينصح كذلك بارتداء قفازات حماية

مطاطية، وتهوية الصهريج المغطى جيداً في الوقت الذي تجري فيه عمليات التنظيف. وبعد الانتهاء من التنظيف تطرد كافة المياه والسوائل المتبقية في الصهريج إلى القفر خلال أنبوب التصريف (Washout Pipe).

## 6.3 ـ تدقيق إنتاجية المصدر

من المهم معرفة الكمية الحقيقية التي يوفرها المصدر سنوياً. ويتم الحصول على ذلك بإجراء اختبارات مختلفة. ومبدئياً يجب أن تجرى هذه الاختبارات في الوقت الذي تكون فيه إنتاجية المصدر في حدها الأدنى والقياسات التي تجرى في أوقات غير هذه تؤدي إلى تقديرات مغالى بها، والوقت الأنسب لقياس الجريان يكون عادة في نهاية فصل الجفاف.

ومما يجب ذكره كذلك، أنه ما لم يتم شحن نطاق الماء الجوفي في المكمن المائي بصورة ملائمة خلال فترة من الزمن، فإن مستوى الماء الجوفي سوف يقل سنة بعد أخرى، وهذه تشكل مشكلة كبيرة لاسيما في المناطق التي تسحب فيها مياه الري من المكامن بواسطة مضخات آلية. وهي مشكلة أيضاً في المناطق التي تعاني من قلة في المياه الجوفية، أما نتيجة شحة الأمطار أو زيادة التبخر بسبب ظاهرة التصحر.

### 1.6.3 ـ الإنتاجية الآمنة للبئر أو لثقب الحفر

إذا كان المصدر بئراً محفورة يدوياً، أو ثقب حفر، نحتاج إلى خبير بعلم المياه «الهيدرولوجيا»، عارف بجيولوجية المنطقة، لتقدير الإنتاجية المتوقعة، قبل القيام بإنشاء أو إقامة المصدر. علماً، بأن الإنتاجية الحقيقية لا يمكن تقديرها اعتماداً على هذه الفحوصات إلا

قبيل الانتهاء من إنشاء المصدر. كذلك يجب اعتماد عامل أمان جيد للنتائج المتمخضة من اختبارات الإنتاجية كافة.

من المعروف أن كمية قليلة جداً من الماء يمكن خزنها في ثقب حفر. فإن معظم مياه الثقب تأتي مباشرة من المكمن. ويقل مستوى المياه الجوفية حول ثقب الحفر خلال عملية الضخ لتشكل مخروطاً بسبب الضغط (أي إن مستوى الماء الجوفي يتناقص تدريجياً كلما اقتربنا من البئر مكوناً ما يشبه سطح مخروط مقلوب). ويعتمد معدل إنتاجية المكمن على طبيعة التربة والفرق في مستوى الماء (انخفاض المنسوب) بين مستوى ماء المكمن ومستوى الماء في ثقب الحفر. إن الحد الأقصى للإنتاجية الآمنة لثقب الحفر (هو المعدل الذي يدخل بموجبه الماء إلى ثقب الحفر عندما يكون انخفاض المنسوب دون الحد الأدنى للماء الجوفي الفصلي) مستقر إلى قيمة مقبولة.

وعلى العكس من ثقب الحفر، فإن بإمكان البئر المحفورة يدوياً أن توفر كميات خزن معقولة. وهذا يعني أن الماء يمكن سحبه خلال فترات معينة من النهار أسرع بكثير من المعدل الذي يرتشح فيه الماء إلى داخل البئر فينخفض مستوى الماء خلال هذه الأوقات، ولكن ليس إلى الحد الذي ينخفض فيه في ثقب الحفر. فعلى سبيل المثال إن كانت فترة سحب المياه من قبل المستهلكين بحدود الثماني ساعات يومياً، فسيتمكنون من ذلك بمعدل أسرع بثلاث مرات من معدل دخولها البئر خلال فترة النهار بكامله.

ولعله من غير الضروري تدقيق الإنتاجية القصوى لثقب الحفر أو البئر المحفورة يدوياً إن كان احتمال استخدام مضخة آلية ليس بالحسبان. في هذه الحالة يصبح ضرورياً تدقيق قدرة ثقب الحفر على إنتاج ما يكفي من الماء لإدامة عمل المضخة اليدوية، وإن إنتاجية تقترب من 0.2 ليتر في الثانية تكون كافية لمعظم المضخات اليدوية.

يمكن التأكد من قدرة البئر أو ثقب الحفر على تجهيز ما يكفي من المياه وذلك بسحب الماء لفترة ثماني ساعات في النهار ولمدة ثلاثة أيام متعاقبة، مستخدمين المضخة اليدوية المعتمدة. ومن الأفضل إجراء هذا الاختبار في نهاية فصل الجفاف عندما يكون مستوى الماء الجوفي في أوطأ حالاته. وقبل البدء بالضخ مجدداً بعد يومين أو ثلاثة أيام يقاس مستوى الماء الجوفي للتأكد من إمكانية ارتفاعه إلى مستواه السابق في اليوم الأول. فإذا لم يصل مستوى الماء إلى هذا الحد فمن المحتمل أن المصدر المائي في حالة نشاف. ويجب عند إجراء اختبار الضخ أن يتم الضخ والبئر أو ثقب الحفر في حالة جفاف. فإذا نجح هذا الاختبار فهذا مؤشر على أن احتمال جفاف البئر خلال فترة الاستخدام الاعتيادي قليل أو غير محتمل. وإذا حصل الجفاف فالأمر سيتعدى راحة المستهلك إلى احتمال اندثار المضخة بسرعة وتلفها.

من المفيد وقبل اتخاذ القرار حول إنهاء عمليات حفر البئر يدوياً، أن يدقق معدل الحد الأعلى لدخول الماء في البئر. ويتم ذلك من خلال إفراغ البئر ثم إيقاف المضخة وملاحظة مقدار ارتفاع الماء خلال فترة معينة. وإنه لمن المفيد إجراء عدد من القياسات لإيجاد المعدلات المختلفة التي يعاد بموجبها شحن الماء ووصوله إلى ارتفاعات مختلفة (على سبيل المثال الفترة اللازمة لوصوله إلى 0.5 متر في كل مرة).

ومن خلال معرفة قطر البئر والارتفاع في مستوى الماء يمكن حساب حجم الماء الذي دخل البئر خلال فترة زمنية معينة. فإذا قُسّم هذا الحجم على الزمن سيمكن إيجاد معدل الجريان في تلك الفترة الزمنية.

هذا، وإن مستوى الماء يرتفع أسرع عندما يكون الفرق بين

مستوى الماء في المكمن ومستواه في البئر كبيراً ويصل إلى أقصى سرعة عندما يكون هذا الفرق أقصى ما يمكن. وعليه، فإن إنتاجية البئر تصل إلى أقصاها عندما تكون البئر جافة أو شبه جافة. فإن كان هذا المعدل قليلاً جداً ليتناسب مع الطلب على الماء في كل الأوقات خلال النهار، عندئذٍ يجب أن يتوفر الخزن في البئر نفسها لتجهيز الكمية الإضافية من الماء، مما هو موجود فعلاً فيه.

فإذا حسبت معدلات إعادة شحن البئر لمستويات مختلفة من الماء في البئر، ولدى معرفة حجم الماء المخزون في كل متر عمق من البئر مع نمط الحاجة المتوقعة إلى الماء، سيكون ممكناً حساب «موازنة الماء» ساعة فساعة خلال يوم تقليدي أو نمطي. وهكذا بإمكاننا، لدى استحضار هذه القياسات، أن نحسب عمق البئر الواجب الوصول إليه حفراً لضمان عدم جفافه خلال فترات الاستخدام الاعتيادية.

### 2.6.3 ـ قياس معدلات الجريان

هنالك طرق متعددة ومختلفة لقياس معدل جريان الماء من المصادر أو من المضخات. فبالنسبة إلى الجداول الصغيرة وغير المحمية يمكن حجز الماء مؤقتاً بسد وإطلاقه من خلال أنبوب أو أكثر تمر عبر السد ويمكن عندئذ قياس معدل الجريان من هذه الأنابيب باستخدام دلو وساعة. فطالما بقي مستوى الماء خلف السد مستقراً خلال الاختبار، فإن مجموع المعدلات المقاسة من كل أنبوب يعطي مقدار التدفق الحالي للجدول. ولكن وبسبب هدر الماء من خلال النضح أو النز تحت السد وإلى جوانبه، فإن معدل الجريان هذا سيكون أقل من معدل جريان الماء الذي يُستحوذ عليه في النهاية.

ويمكن أيضاً حساب معدلات التدفق (Discharge Rates) التقريبية اعتماداً على شكل التدفق من نهاية الأنبوب الأفقي تام التدفق. ويمكن اعتماد هذه الطريقة في الجداول سريعة الجريان، أو لقياس التدفق من نظام ضخ أنبوبي. هذا وتستخدم معادلة أو أرقام جدولية لحساب التدفق. وتتوفر هذه المعلومات في عدد من الكتب المرجعية بضمنها كتاب Technical Brief 27 in Pickford (1991).

أما بالنسبة إلى الجداول والنهيرات الصغيرة سريعة الجريان، فيضاف سن حاد النهاية إلى قمة السد المؤقت، والسن عادة بشكل الحرف V بالإنجليزية، أو مثلث يثبت بزاوية 90 درجة. وتُعطي كتب مرجعية ومنها كتاب بيكفورد (Pickford 1991) معدل التدفق من خلال السن وفقاً إلى عمق الماء الذي يجري من خلاله.

ويمكن قياس الجريان في الجداول الكبيرة (300 مليمتر عمق في الأقل) بصورة تقريبية بوحدة $m^3/s$ وذلك بقياس السرعة السطحية (بالـ m/s) وضربها في مساحات المقطع العرضي (بالـ $m^2$). ومعامل تتراوح قيمته بين 0.6 و0.85. ويمكن إيجاد قيمة مساحة المقطع العرضي من خلال قياس الزمن (T) الذي يستغرقه جسم طاف ولكن مغمور بالكامل (قطعة فاكهة على سبيل المثال) ليقطع مسافة مقدارها (D). وتقاس السرعة من المعادلة التالية: $V = D/T$.

# الفصل الرابع
# رفـــع الميـــاه

## 1.4 ـ مقدمة

مهما كانت الوسائل والأدوات المستخدمة لرفع الماء إلا أنها لا بد أن تحتوي على أجزاء متحركة ما يستدعي إدامة منتظمة وتصليح بين فترة وأخرى.

لذلك، يجب عدم نصب أو استخدام أي وسيلة من هذه الوسائل ما لم تتخذ إجراءات مناسبة لضمان إمكانية القيام بأعمال التصليح (لاسيما بالنسبة إلى المستهلكين)، وبأنها ستتم بشكل دقيق ومنضبط.

وتتوفر طرائق مختلفة لرفع الماء، إلا أن معظمها، لسوء الطالع، ليست ملائمة للمصادر المائية الصغيرة وذلك للأسباب التالية:

- إنها لا تتمكن من رفع الماء إلى ارتفاعات عالية.
- تعريض الماء لخطر التلوث.
- باهظة الكلفة إنشاءً وتشغيلاً.

وغالباً ما تكون الطرائق الأبسط هي الطرائق الأرخص، فيسهل نصبها وتصليحها باستخدام المتاح محلياً من المواد. ولكن هذه المواد أحياناً لا تكون مطواعة وتحتاج إلى الكثير من الإدامة من قبل المستهلكين. ويصف الجزء التالي الطرائق الأساسية مرتبة على أساس التصاعد في التعقيد والكلفة. وتعتمد صلاحية أي من هذه الطرائق على الظروف المحلية وتوفر الاعتمادات ومتاحية الإدامة المنتظمة في المستقبل بالإضافة إلى قناعة المستهلكين.

ولعل من أوائل القرارات الواجب اتخاذها هي إمكانية استخدام

القدرة البشرية العضلية في رفع الماء أو باستخدام وسائل آلية من نوع ما. والقوة العضلية قد تكون مناسبة للتجهيز عندما يتطلب سحب الماء مباشرة من المصدر، كالبئر مثلاً. أو عندما يقوم المستهلك نفسه بالسحب. ولكن، وعندما يتطلب ضخ الماء إلى صهريج خزن أولاً، فيجب استخدام أنواع أخرى من القدرة مثل قدرة الرياح، أو الديزل، أو القدرة الكهربائية.

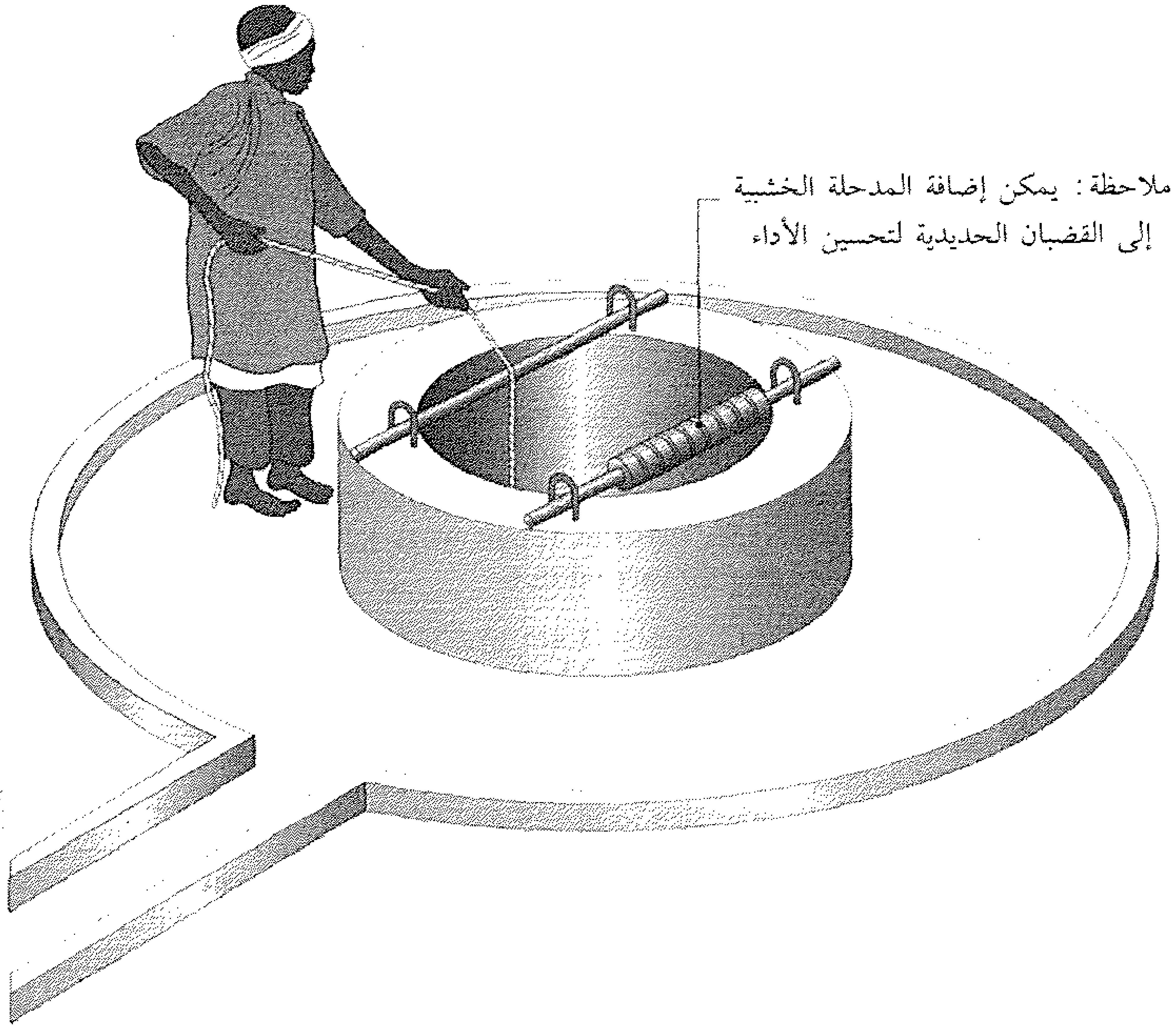
## 2.4 ـ أنظمة رفع المياه بالقدرة البشرية

### 1.2.4 ـ الوسائل اليدوية باستخدام الدلاء

يعد استخدام الدلاء (جمع دلو) المربوطة بحبل من أبسط الطرائق اليدوية في رفع الماء. ويفضل استخدام قضيب دحرجة (Roller Bar) يمتد على عرض فتحة البئر (الشكل 34)، وبكرة (الشكل 35)، أو شادوف (الشكل 36)، أو مرفاع ـ آلة رفع ـ (الشكل 37). تضمن جميع هذه الوسائل عدم انحناء المستخدم على فوهة البئر لرفع الدلو، بالإضافة إلى تسهيل عملية الرفع. ويقل خطر تلوث مياه البئر إذا تجنب المستهلك وضع الدلو أو الحبل على الأرض. ولكن من يلتزم بتطبيق هذا الأمر هم المستخدمون الذين يفهمون الأخطار المتأتية من عدم الالتزام بمعايير السلامة الصحية فقط.

ولعل اعتماد برنامج للثقافة الصحية سيساعد في زيادة الوعي بهذه المواضيع. ويعتبر المرفاع والشادوف وسيلتان جيدتان لأنهما تبقيان الدلو والحبل عادة مرفوعين خلال عملية الإدلاء.

تستخدم مضخة دلو بلاير (الشكل 38 و39) دلواً ضيقاً مزوداً بصمام بسيط في قاعدته وذلك لتسهيل استخدامه في ثقب الحفر. ويعني تصميمه البسيط إمكانية تصنيعه وتصليحه محلياً. ولكن التجربة أثبتت بأنه غير مناسب عندما يزيد عدد المستهلكين عن 60 شخصاً، أو عندما يكون الماء على عمق يزيد عن 15 متراً.



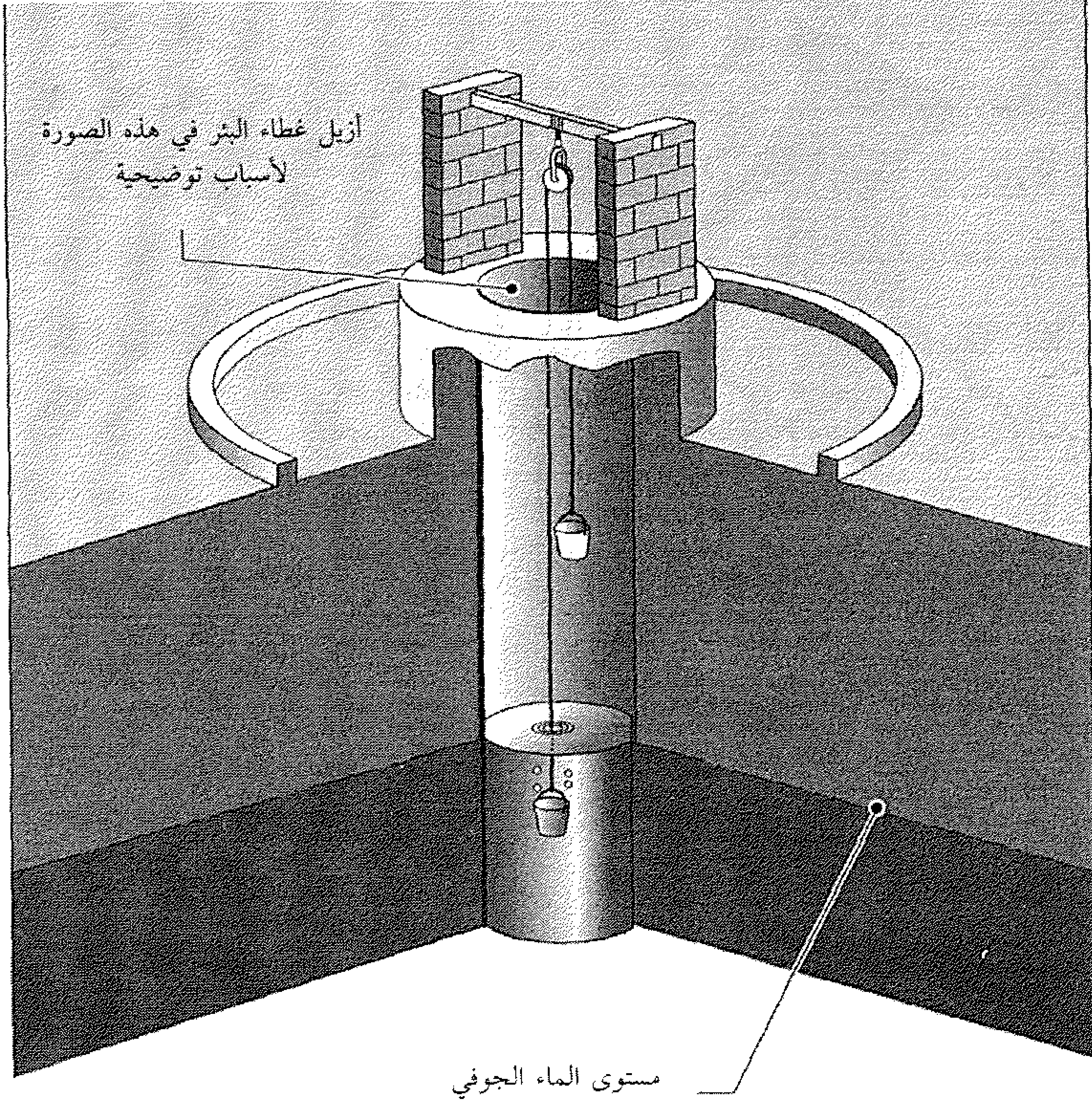

الشكل 34: بئر بقضبان مزودة بمداحل خشبية لحماية الحبل من التهتك.
المصدر: WEDC.

## 2.2.4 ـ المضخات التي تدار بقوة الإنسان

يمكن تصنيع الأداة المذكورة في الجزء 1.2.4 باستخدام المواد المتوفرة في الريف أو القرية. كما يمكن أيضاً تصنيع بعض المضخات اليدوية من مواد متوفرة محلياً كالخشب، أو المطاط (المستحصل من دواليب المركبات أو أنابيبها الداخلية)، ومن الأنابيب البلاستيكية. إن للوسائل المعتمدة في الدلو والحبل، أو المضخات اليدوية المصنعة محلياً، فوائد كثيرة منها توفر إمكانية الصيانة والتصليح في من قاموا بتصنيعها من الناس.

ومن مساوئ هذه الوسائل ما يلي:

- أنها ليست بتلك الدرجة من المتانة لكي يستخدمها عدد من المستهلكين.

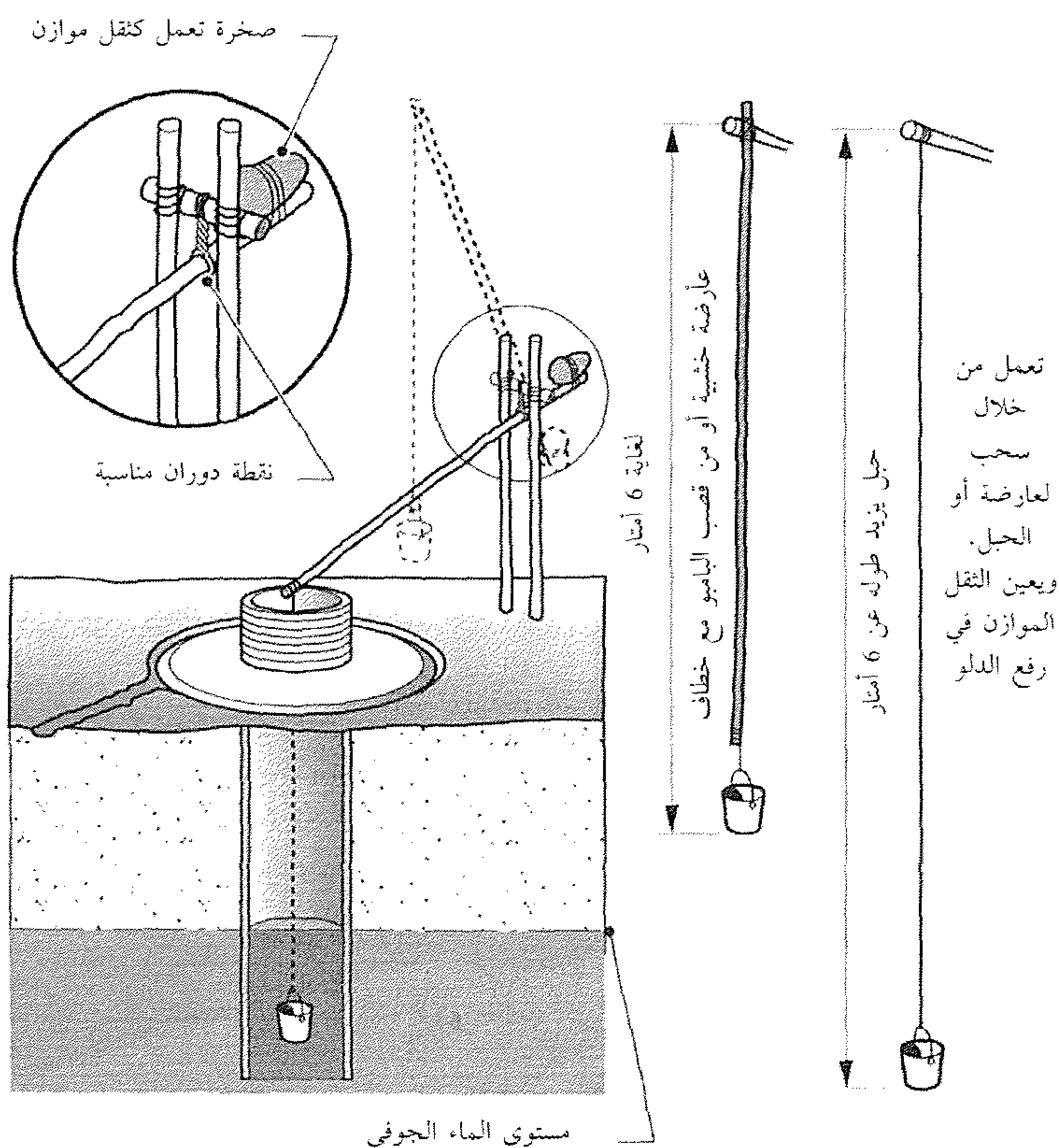



**الشكل 35:** بئر محمية بنظام الدلو المزدوج.
**المصدر:** WEDC.

- لا يسعها رفع الماء إلى ارتفاع كبير.
- قد يعرض تصميمها الماء إلى التلوث.

وعملياً، تستخدم مضخات يدوية مصنعة في معامل خارج المجمع السكاني، وأحياناً في دولة أخرى. وغالباً ما تكون هذه الوسائل أكثر متانة ويعوّل عليها أكثر من المضخات محلية الصنع، ولكنها تحتاج هي الأخرى إلى صيانة منتظمة وتصليح. وتحتاج بعض أعمال الصيانة هذه إلى أدوات خاصة بالإضافة إلى مهارة وحرفية إلى حد ما. ففي التصميم التقليدي للمضخة، على سبيل المثال، (الشكل 44) يتطلب رفع أو نقل

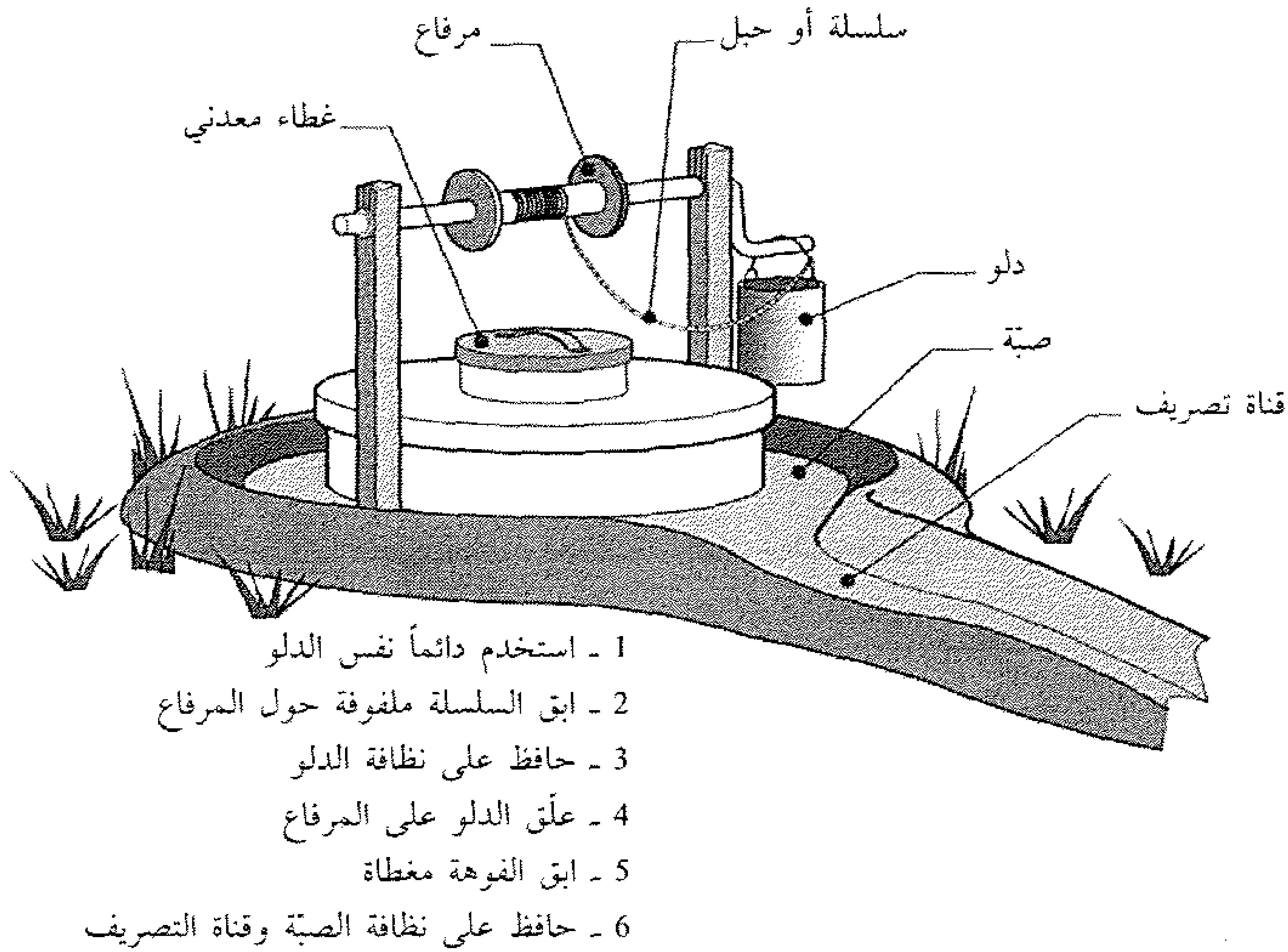
الأسطوانة من ثقب حفر عميق إلى عناية كبيرة وإلى بعض المؤازرة الخارجية. ولكن ولحسن الحظ فإن بعض التصاميم (الشكل 45) التي قدمت خلال العشرين سنة المنصرمة بعض التحسينات المدمجة تجعل من الإدامة أمراً سهلاً من دون الحاجة إلى مؤازرة خارجية.




**الشكل 36:** شادوف بسيط.
**المصدر:** IRC (1988).

يسمى هذا النوع من المضخات: VLOM أو (Village Level Operation and Maintenance) ويعني ذلك أنها ملائمة للتشغيل والإدامة بالمستوى القروي. ومهما كان اختيار المضخة اليدوية،

يجب استحضار ما يمكن استحضاره من الأدوات الاحتياطية ومن مصدر محلي خلال عمر عمل المضخة ويترتب هذا الأمر عادة من خلال الوكالات الوطنية.




الشكل 37: مرفاع نمطي وتعليمات للمستهلك.
المصدر: Morgan (1990).

### المضخات اليدوية ترددية المكبس

إن معظم المضخات اليدوية هي مضخات مكبسية ترددية وهي تعمل بموجب مبدأ ارتفاع وانخفاض مكبس ذي صمامات داخل أسطوانة مزودة بصمامات هي الأخرى. يُدفع المكبس في هذه المضخات بواسطة قضيب مربوط بعتلة في رأس المضخة. ويمكن استخدام دولاب طيار مع عمود المرفق (Crankshaft) لإدامة العملية الترددية (الحركة إلى الأعلى وإلى الأسفل). وهناك ثلاثة أصناف متميزة من المضخات المكبسية الترددية سيتم وصفها في أدناه، ولكل صنف هنالك عدد من التصاميم وسيتم تسمية الأنواع الشائعة من كل صنف في ما يلي:

**مضخات ماصة (امتصاص)**

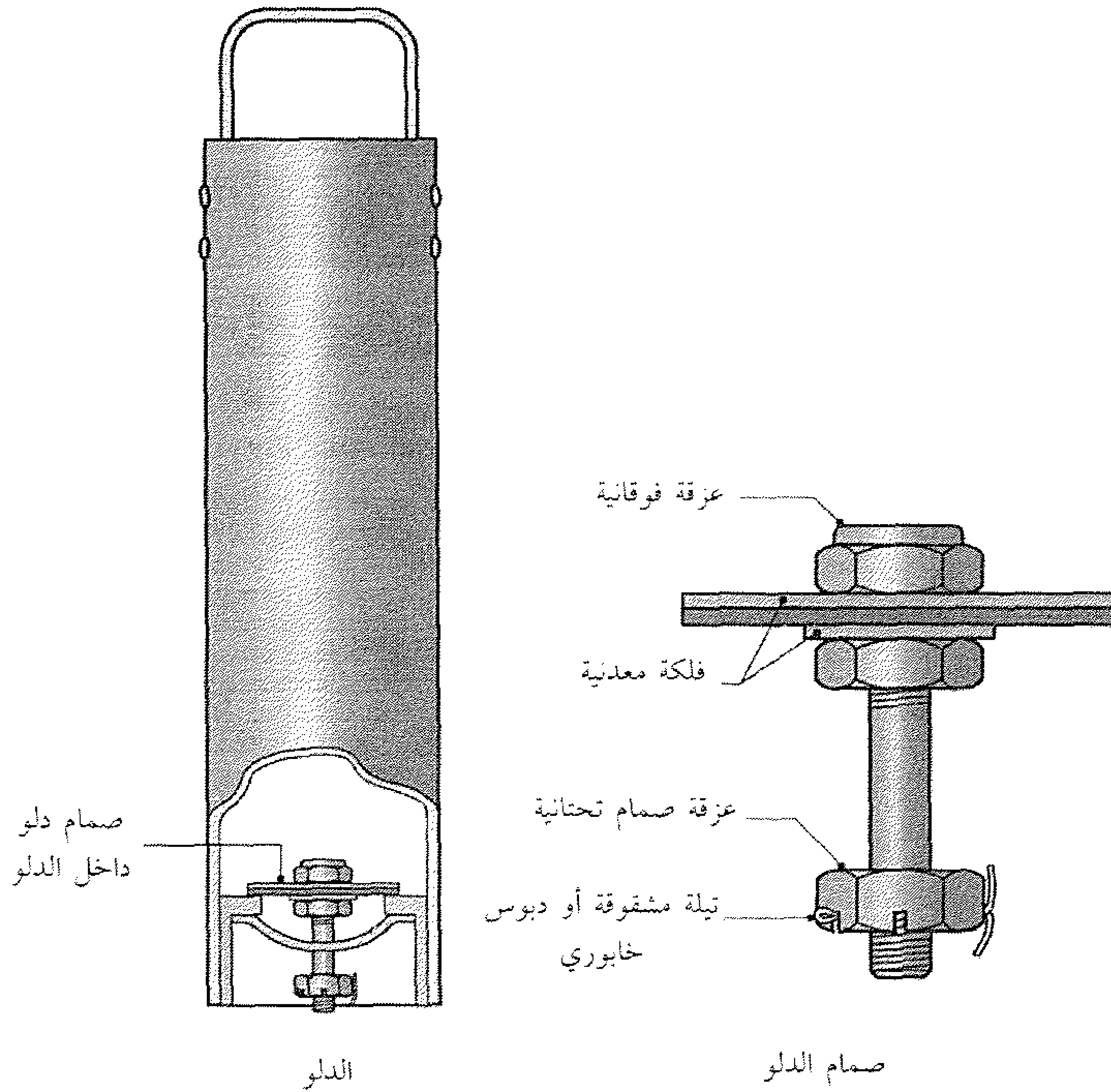
وتكون ذات تصميم تقليدي (الشكل 41) أو بالشكل المجدافي الحديث (الشكل 42). وتوضع أسطوانات هذه المضخات فوق مستوى سطح الأرض عادة ولأنها تعد مضخات ماصة فيكون موضع الأسطوانة فوق مستوى ماء المصدر.

عندما يُحرك المكبس في أسطوانة المضخة إلى الأعلى يُخلق تفريغ جزئي تحت المكبس يؤدي إلى امتصاص الماء ليرتفع إلى أعلى أنبوب المأخذ الرئيس (Rising Main Pipe). وفي الحقيقة يدفع الماء إلى داخل الأنبوب بقوة الضغط الجوي المؤثر على سطح المصدر المائي. ولأنها تعتمد على ضغط الهواء، فإن هذه المضخات لا تستطيع أن ترفع الماء أكثر من سبعة أمتار فوق الأسطوانة إذا كانت هذه موضوعة بمستوى سطح البحر.




الشكل 38: مضخة دلو بلاير.
المصدر: Morgan (1990).

إما إذا كان الموقع على مستويات أعلى، فإن أقصى رفع سيتدنى لأن الضغط الجوي ينخفض بمقدار 1.1 متر لكل 1000 متر ارتفاعاً. من أهم مساوئ هذه المضخات أنه إذا ما تلف محبس صمام المكبس أو محبس المكبس نفسه (الشكل 41) فسوف لا يتكون التفريغ الجزئي. كذلك، فإن الختم الذي يزوده صمام الامتصاص مهم لجعل المضخة تعمل بشكل جيد.




**الشكل 39:** دلو بلاير وصمامه.
**المصدر:** Morgan (1990).

وعملياً، قد نحتاج إلى إضافة الماء إلى الأسطوانة لتحسين إحكام المكبس وعدم تسريبه للهواء قبل تشغيل المضخة. وفي كثير من الحالات قد تؤدي المعاملة المسبقة بالماء إلى تلويث الماء

الذي سيضخ في نهاية الأمر خلال الأسطوانة. فإذا زودت المضخة بصمام امتصاص جيد فسوف يحفظ الماء في الأسطوانة إلى اليوم التالي لتكون المضخة جاهزة للعمل صباحاً. وإذا كان الختم أو المحبس رديئاً فسوف يتسرب الماء من الأسطوانة ما يحتم إضافة الماء قبل التشغيل في كل مرة.

وإذا كان أنبوب الامتصاص منفذاً للهواء فسوف تتوقف المضخة عن العمل، أو ستعمل بكفاءة أقل. ومن الأمثلة على مضخات المص التقليدية مضخة Singur ومضخة New No. 6. ومن الأمثلة على الأنواع المجدافية الحديثة: مضخة Rower، ومضخة SWS Rower.

## مضخات الشغل المباشر

يكون موقع الأسطوانة في هذه المضخات تحت مستوى الماء الجوفي (الشكل 43) ويقوم المكبس برفع الماء مباشرة من دون الاعتماد على الضغط الجوي.

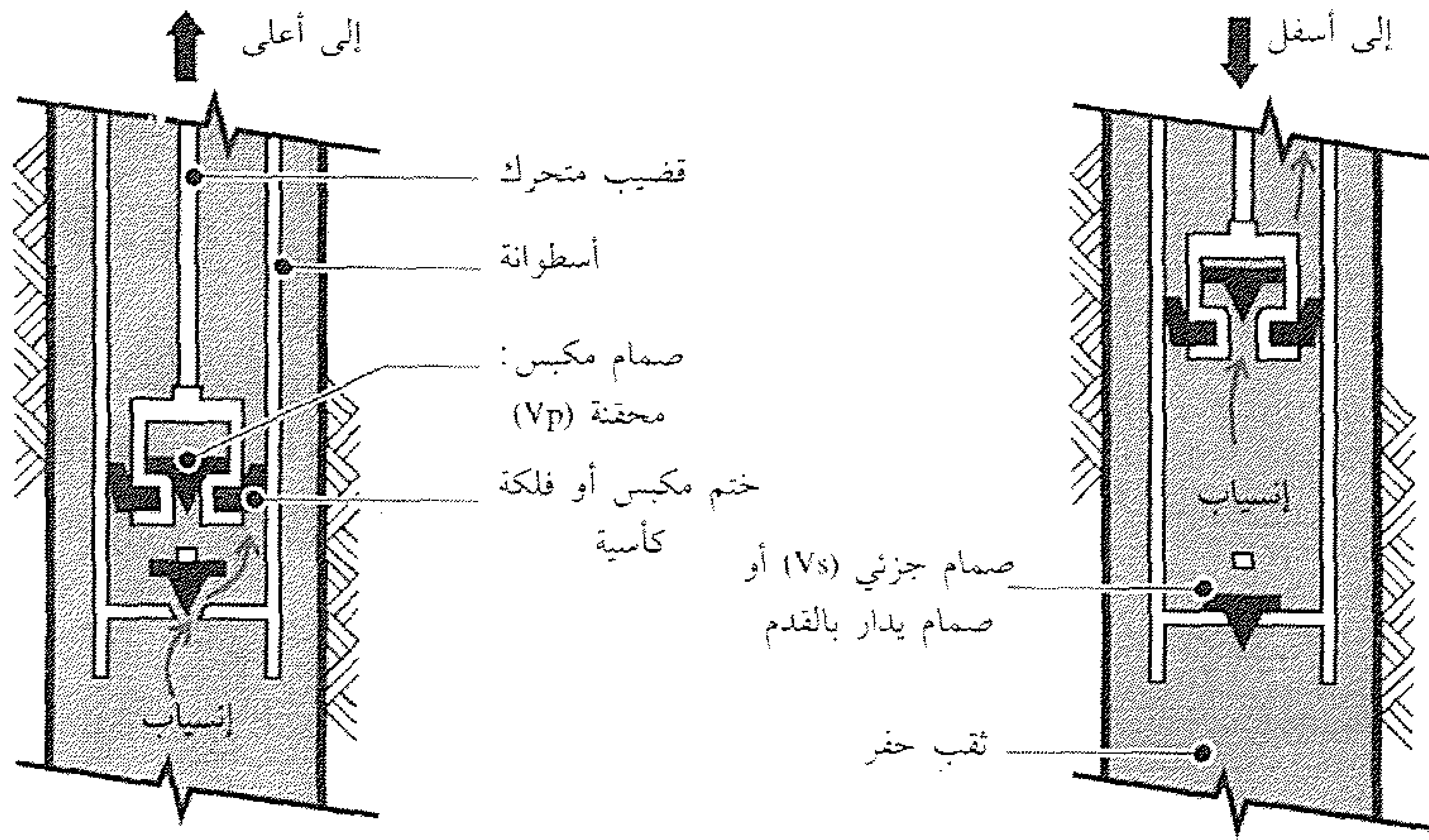
ولا تزود هذه المضخات بعتلة مقبض، ويعتمد أقصى عمق تستطيع المضخة أن ترفع منه الماء على قوة العامل، وعلى مكونات المضخة، ويكون عادة أقل من 12 متراً. هذا وتسمح التصاميم الجيدة للمكبس وللصمام السفلي اللارجعي (Footvalve) أن يسحبا من خلال المأخذ الرئيس. كما وتستخدم معظم مضخات الشغل المباشر أنابيب مليئة بالهواء كقضبان تشغيل ولكن وفي بعض التصاميم يجري الماء داخل هذه الأنابيب وليس حولها.

عندما يدفع القضيب المكبس إلى الأسفل:

- ينغلق Vs
- يفتح الضغط تحت المكبس Vp
- يمر الماء خلال المكبس
- ليس ثمة ماء يضخ (ما لم يكن قطر القضيب كبيراً كما هو الحال في معظم مضخات الفعل المباشر)

عندما يسحب القضيب المكبس إلى أعلى:

- يغلق Vp بسبب وزن الماء فوق المكبس
- يُرفع الماء الذي فوق المكبس مع المكبس
- يُفتح Vs بسبب تناقص الضغط تحت المكبس المتحرك
- يضخ الماء



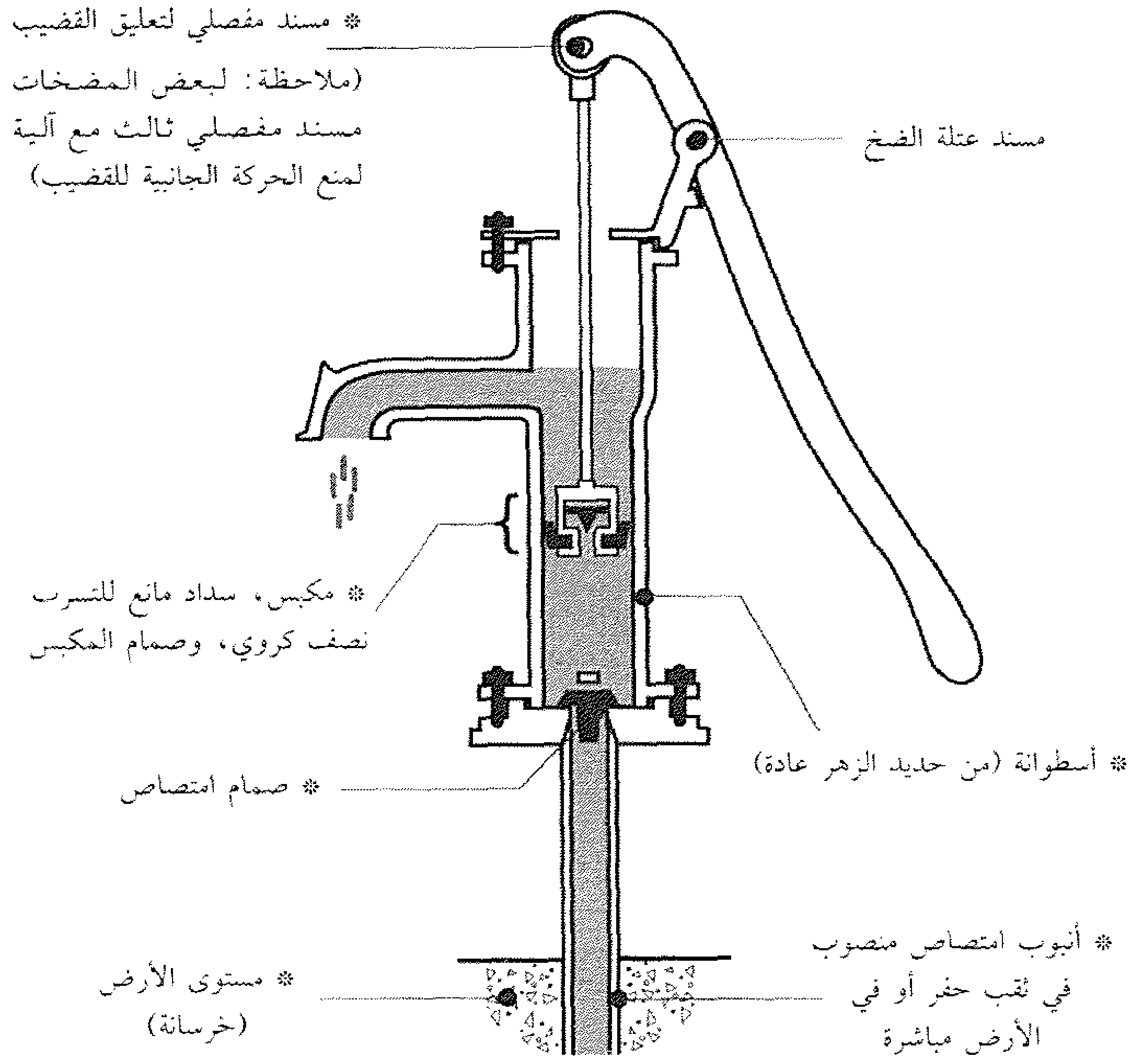

**الشكل 40:** كيف تعمل أسطوانة المضخة اليدوية.
**المصدر:** Pickford (1991).

ومن الأمثلة على مضخات الشغل المباشر مضخة Tara، وMalda وNira AF 85.

### مضخات الآبار العميقة

قد تكون مضخة البئر العميقة المكبسية الترددية ذات تصميم تقليدي (الشكل 44) أو من نوع التصميم الحديث ذات الأسطوانة مفتوحة القمة (Open top - cylinder) (الشكل 45). فإذا كانت مضخة البئر العميقة من التصاميم القوية، فبإمكانها رفع الماء من أعماق سحيقة طالما بذل العامل المشغل (أو العمال) قوة كافية على

المقبض، علماً بأن القليل من المتاح من هذه المضخات يتمكن من رفع الماء من أعماق تزيد عن 45 متراً.




* تصميم VLOM الشبيه بالمضخة التقليدية ولكن مع التحسينات التالية:
- صمام امتصاص أفضل لمنع الإعداد للانطلاق (priming)
- جدران أسطوانة أنعم لتقليل استهلاك ختم المكبس
- محبس مقاوم للاهتراء بدل الجدلة (مثل مطاط الناتريل)
- مسند مفصلي أفضل لمنع مسمار المحور من استهلاك حديد الزهر (كاستخدام فراشي مصلبة حول مسامير المحاور)

**الشكل 41:** مضخة مص يدوية تقليدية.
**المصدر:** Pickford (1991).

إلا أن تصاميم الأسطوانة مفتوحة القمة تجعل من الصيانة أمراً ميسوراً وسهلاً لاسيما إذا كانت من التصاميم التي تسمح برفع الصمام السفلي اللارجعي أيضاً من خلال المأخذ الرئيسي الصاعد.

من الأمثلة الشائعة على الأنواع التقليدية لمضخات البئر العميقة

اليدوية مضخة India Mark II. ومن الأمثلة على النوع مفتوح القمة المضخة India Mark III ومضخات Afridev.




للمضخة المجدافية ما يلي من سمات VLOM:
- لها مدخل يسهل للمكبس وصمام الامتصاص وصمام القدم
- رخيصة الثمن نسبياً وسهلة التصنيع
- في بعض أنواعها يمكن استبدال الصمامات باستخدام أقراص تعمل من أنابيب الدواليب الداخلية

الشكل 42: مضخة المص اليدوية المجدافية.
المصدر: Pickford (1991).

## مضخات الدفق الجبري

تستخدم بعض تصاميم مضخات المص ومضخات البئر العميقة المكبسية الترددية في رفع الماء فوق مستوى رأس المضخة (على سبيل المثال في ملء صهريج أو خزان مرتفع). وتسمى هذه المضخات أحياناً بمضخات الدفق الجبري (Force Pumps). ولا تحقق المضخات اليدوية المكبسية الترددية هذه المهمة بسبب تسرب الماء من رأس المضخة.

مقبض بشكل حرف T
(يعمل شاقولياً)

مقطع من أنبوب معدني يستخدم عادة تحت المقبض وتستخدم بعض التصاميم أنبوب بلاستيكي بديلاً عنه

جُلبَة دليلية

وصيلة

طوق تثبيت خاص (لإسناد المأخذ الرئيسي الصاعد في بعض التصاميم

قضيب أنبوبي بلاستيكي
(عادة مع وصيلة ملولبة)

صَبَّة خرسانية

مأخذ رئيسي صاعد (إما مع مفاصل مقواة بمادة مذيبة أو مع قرن ملولب سَدُود للماء لجعله قابلاً للاستخراج)

تغليف ثقب الحفر (إن وجد، يعمل المأخذ الرئيسي الصاعد في بعض التصاميم كغلاف لثقب الحفر)

مستوى الماء الجوفي

يرفع المكبس ويخفض في معظم تصاميم المضخات اليدوية ذات الفعل المباشر بواسطة ذراع أو مقبض بشكل الحرف T يرتبط مباشرة مع أنبوب بلاستيكي مملوء بالهواء يسمى «القضيب». يطفو هذا القضيب داخل المأخذ الصاعد لتقليل القوة اللازمة لتحريكه إلى الأعلى. وعند الحركة إلى الأسفل وكلما دخل مزيد من القضيب في الماء داخل المأخذ الرئيسي الصاعد، فإنه يزيح حجماً مساوياً من الماء، وبذلك تعمل المضخة على دفع الماء في كلا الحركتين (الأعلى والأسفل).

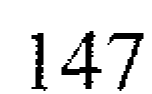
مكبس، محبس حلقي، وصمام كباسي (وأحياناً خطاف لإزالة صمام سفلي لا رجعي)

أسطوانة (قد تكون نفس أنبوب المأخذ الصاعد)

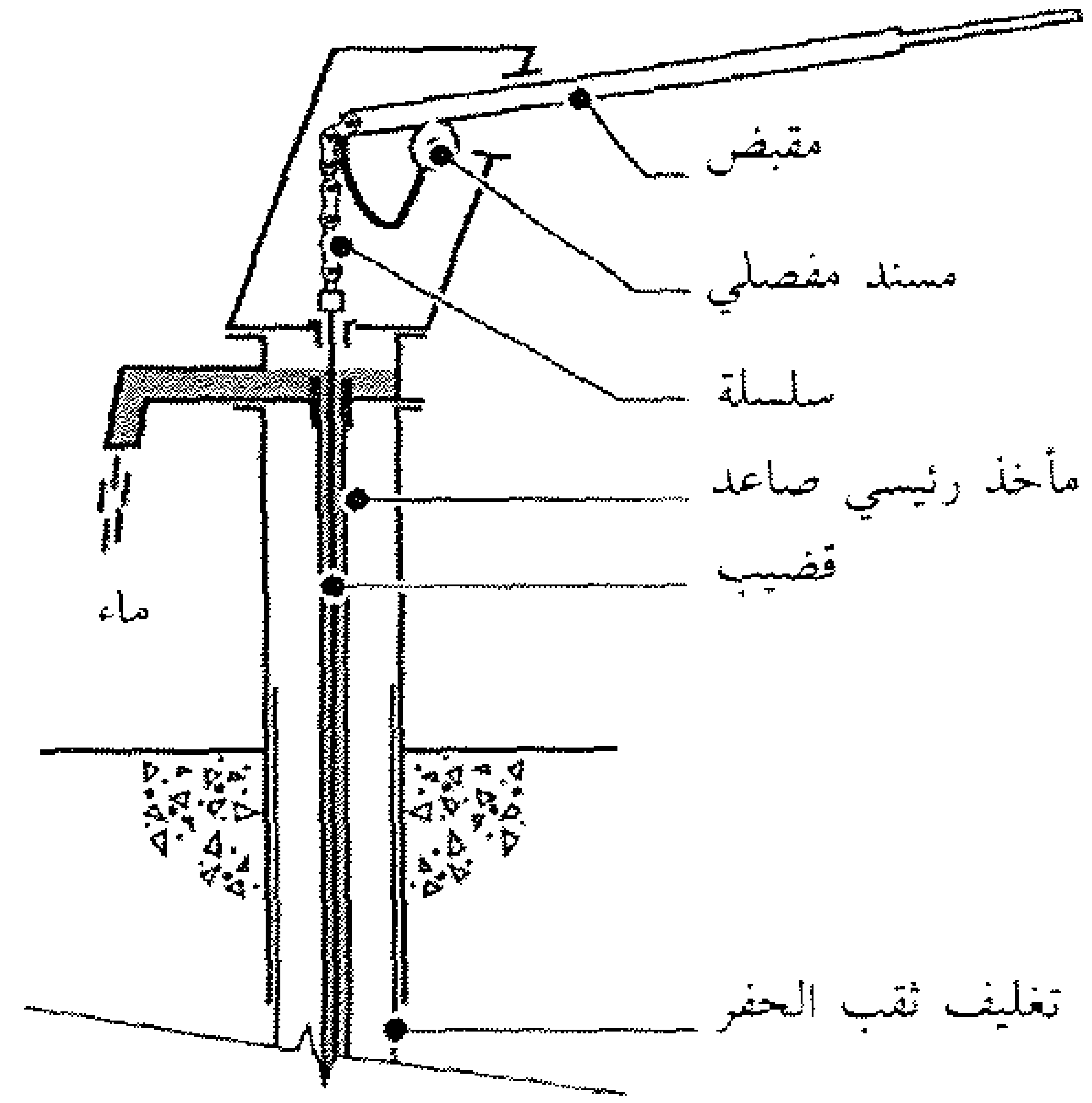
صمام سفلي لا رجعي (مثالياً، يكون قابل للاستخراج خلال المأخذ الرئيس الصاعد)

لوح رقيق ضروري، إذا لم ينصب دون تغليف لثقب الحفر

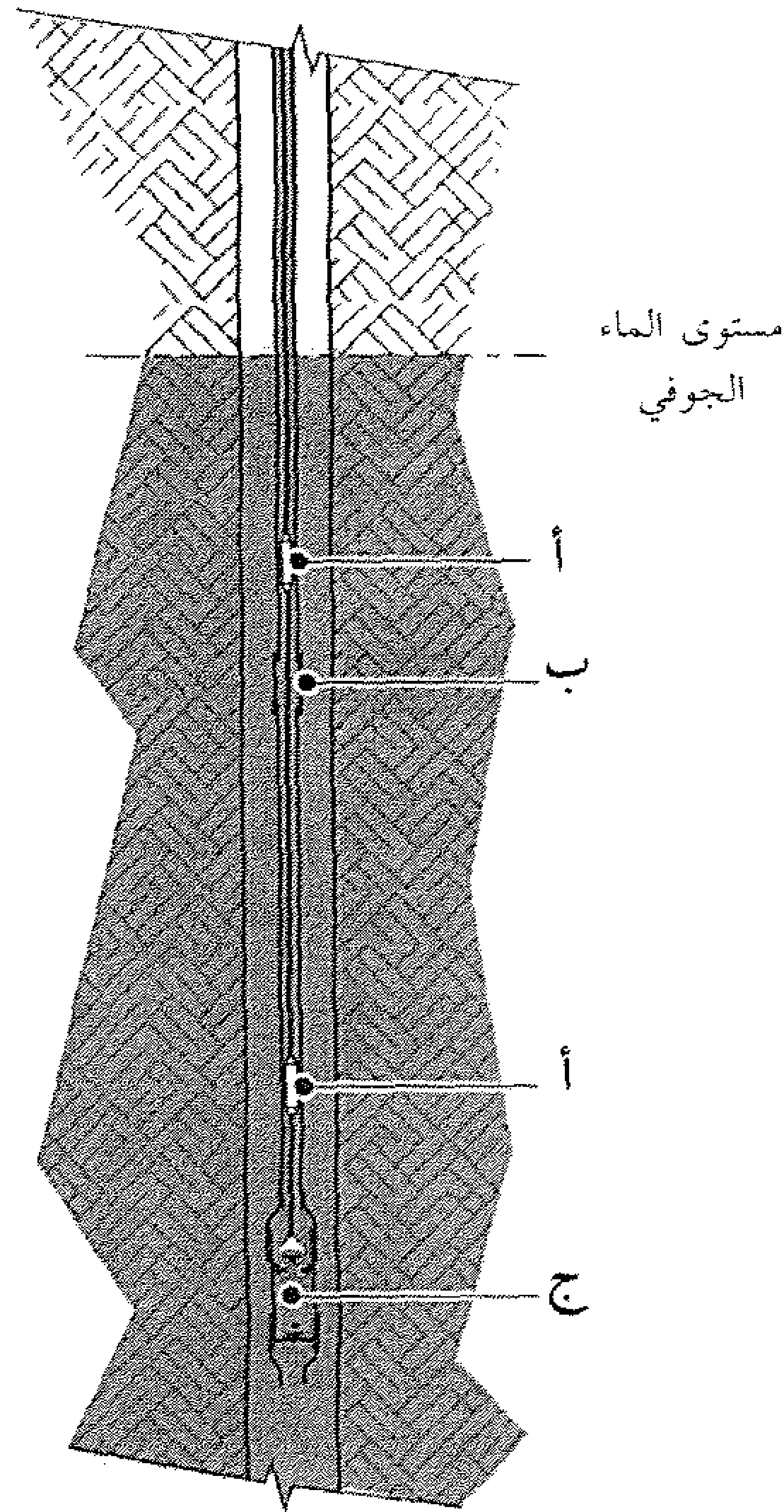
**الشكل 43:** مضخة يدوية ذات فعل المباشر.
**المصدر**: Pickford (1991).



**رأس المضخة:**
يعمل مقبض عتلة رأس المضخة في معظم التصاميم على نفس المبدأ الذي تعمل به مضخة المص التقليدية (الشكل 41). وتستخدم بعض المضخات مسنداً مفصلياً واحداً مع سلسلة (أو حزام) مع نظام رباعي كما في India MK II، الموضح هنا.




**مأخذ رئيسي صاعد مع أسطوانة:**
يصنع المأخذ الرئيسي الصاعد تقليدياً من أنابيب من الحديد المغلون ذات أقطار أصغر من قطر المكبس. يمكن رفع كافة الأنابيب والقضبان العاملة بحيث يمكن فصل مفاصل القضبان (أ) وكذلك مفاصل الأنابيب (ب) جزءاً فجزءاً وصولاً إلى الأسطوانة (ج).
تحتاج هذه العملية إلى أشخاص أشداء مع أدوات رفع ووصل ملائمة. لذلك يعمد بعض المصنعين إلى تجهيز أنابيب خفيفة، رقيقة الجدران من الحديد المقاوم للصدأ مربوطة بحبل ناظم أو أنبوب بلاستيكي مزود بحلقة مارلبة خاصة لتقليل الوزن المراد رفعه. ويمكن استخدام حلقة مطاطية بشكل الحرف 'o' rings لجعل هذه المفاصل عصية على دخول الماء).



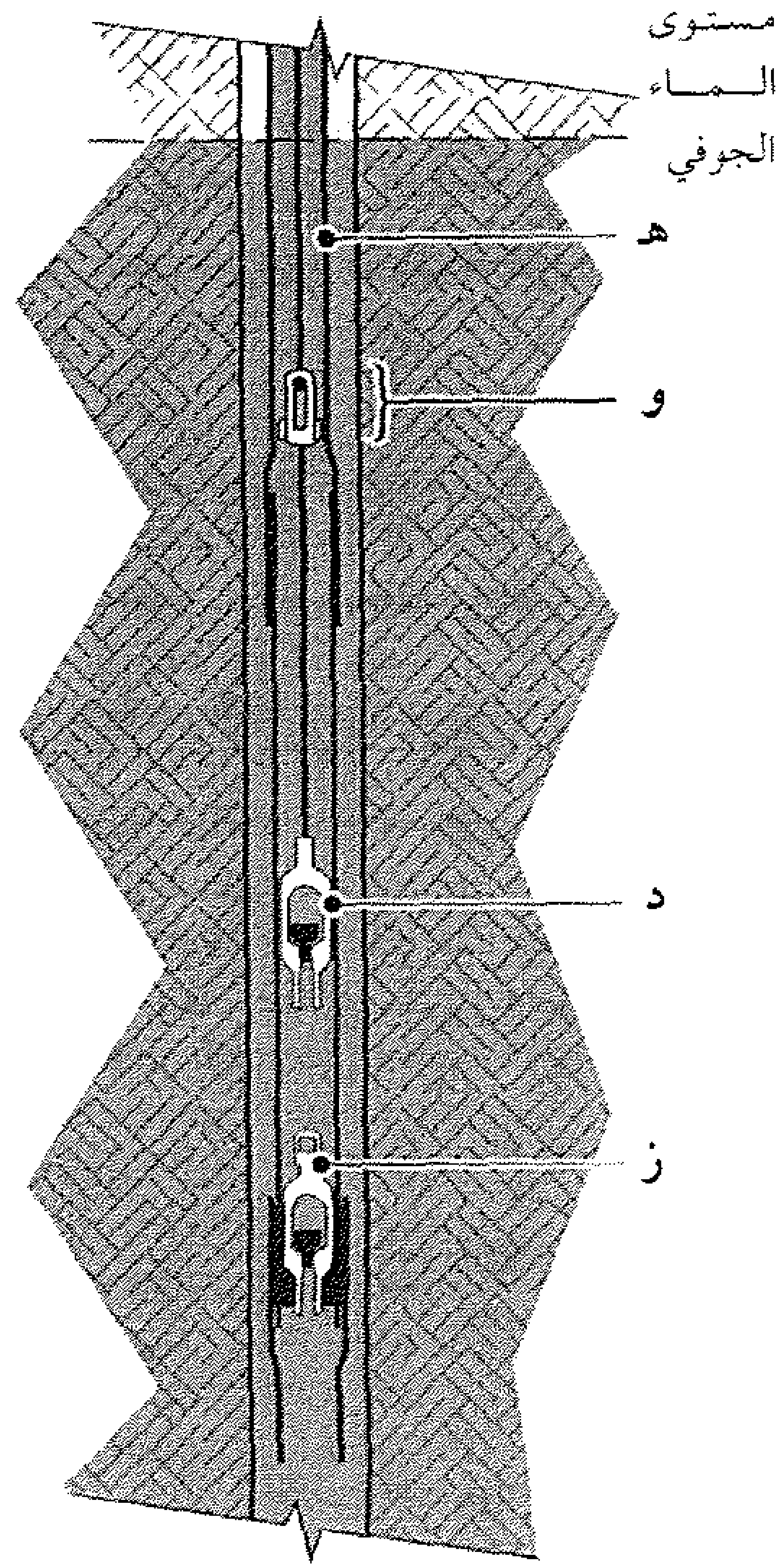

**الشكل 44:** التصميم التقليدي لمضخة يدوية للآبار العميقة.
**المصدر:** Pickford (1991).

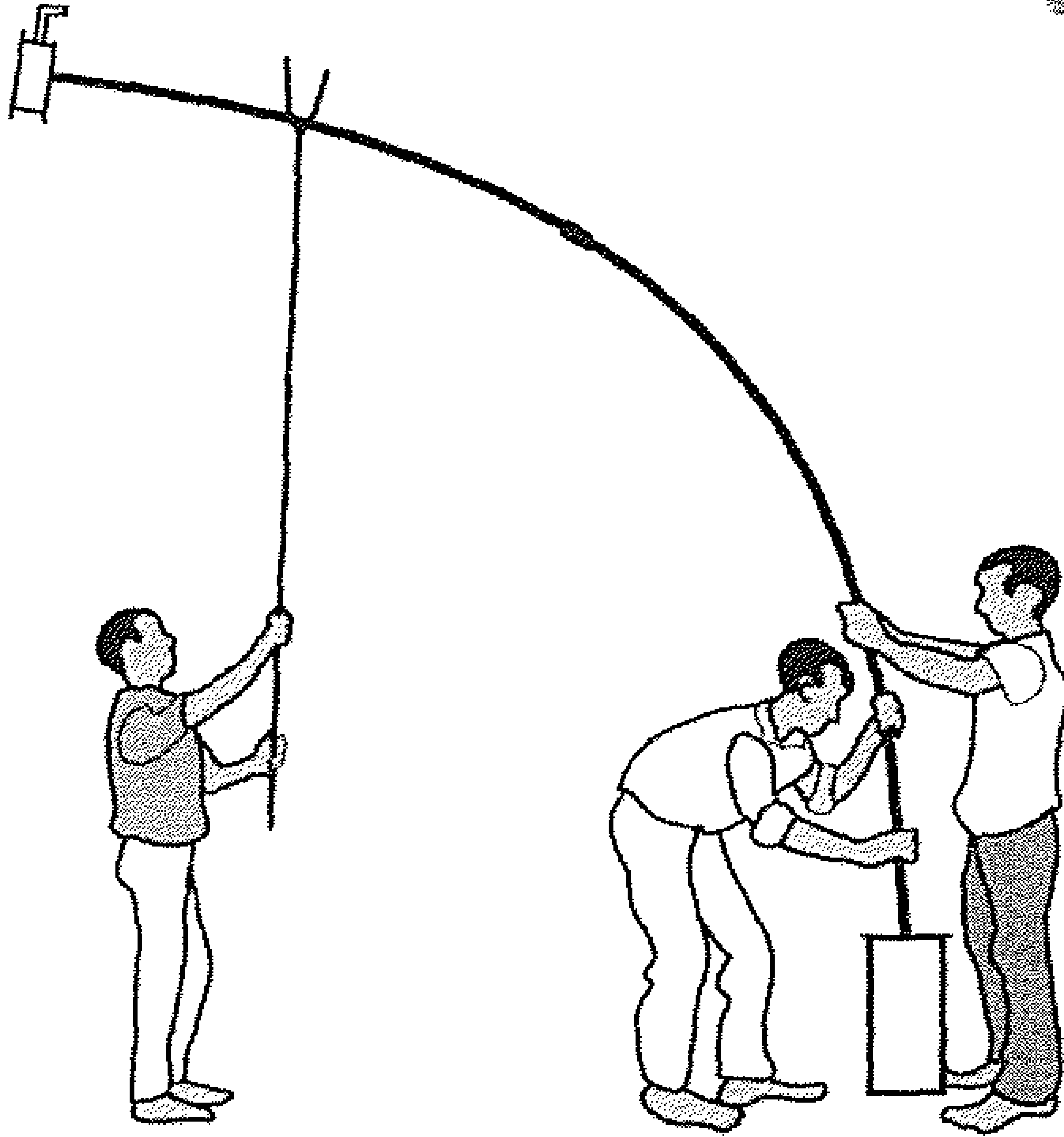
**الأسطوانة:**
تزود تصاميم مضخات الآبار العميقة حالياً بأسطوانات مفتوحة من الأعلى (OTC). تتيح هذه المضخات رفع المكبس (د) خلال المأخذ الصاعد (هـ) ذي القطر الأوسع من الأسطوانة. يمكن بمثل هذه المضخات أن يرفع المكبس إلى السطح من خلال سحب السلك المربوط بالقضيب.

**القضبان:**
تربط أسلاك القضبان بقرن ملولب، فيما تستخدم بعض المضخات مفاصل قضبان خاصة (و) والتي يمكن تفكيكها بسهولة من دون أدوات.

مستوى الماء الجوفي

**صمام سفلي لا رجعي:**
يتيح التصميم الأفضل لـ OTC إزالة الصمام السفلي اللارجعي (ز) خلال المأخذ الصاعد إما مع المكبس، أو باستخدام أداة أو عدة التقاط التي تدلى داخل المأخذ الصاعد بواسطة حبل بعد إزالة المكبس.



**إزالة أو فك المأخذ الرئيس الصاعد:**
ليس هنالك حاجة في مضخات OTC المزودة بصمامات سفلية قابلة للاستخراج، لكي يبدل أو يزال المأخذ الصاعد ما لم يتلف الأنبوب أو بطانة الأسطوانة. أما الموصلات الرئيسية مع القرنات الملولبة فيمكن إزالتها بسهولة. وإذا ما توجب إزالة وصلات الرفع البلاستيكية، فيمكن أحياناً رفع الأنبوب بكامله، وذلك بتثبيته بأعمدة طويلة لكي ينحني بشكل قوس كبير وهو يغادر ثقب الحفر.

**الشكل 45:** تصميم الأسطوانة مفتوحة القمة لمضخة الآبار العميقة اليدوية.
**المصدر:** Pickford (1991).

## أنواع أخرى من المضخات اليدوية والمضخات المدارة بالقدم

على الرغم من أن معظم المضخات اليدوية هي من النوع المكبس الترددي إلا أن بعضها الآخر يعمل على مبدأ مختلف، وتشمل هذه المضخات:

- المضخة الرقية الأسطوانية (Cylindrical Diaphragm Pump): والمثال الشائع على هذه المضخة هو Vergent Hydropump، وهي مضخة تدار بالقدم وتعمل باستخدام الضغط الهيدروليكي لنفخ خرطوم مطاطي موضوع داخل أسطوانة (الشكل 46). ويتوفر أيضا النوع المدار باليد من هذه المضخات والذي يبدو مشابهاً لمضخة الشغل المباشر، وكذلك، النوع الذي يستخدم رأس مضخة India Mark II المحوّر.

- مضخة التجويف المتقدمة (Progressive Cavity Pump): يرفع الماء في هذه المضخة بواسطة دوار (Rotor) مُساق بعصا دوارة موضوعة في المأخذ الرئيس الصاعد. يُعَشِّق الدوار الحلزوني، داخل الأسطوانة في قعر المأخذ الصاعد، مع ساكن مطاطي مشكل بطريقة خاصة لتكوين جيوب مائية ترفع من القعر إلى أعلى الساكن ومن ثم إلى المأخذ الصاعد. ولعل المضخة أحادية الرفع (Monolift Pump) مثال على هذا النوع من المضخات.

- مضخة العمود المائي الاهتزازية (Oscillating Water Column Pump): وهي مضخة تدار هيدروليكياً وتسمى Pulsa Pump. تستخدم هذه المضخة أنبوباً أحادياً مرناً ممتداً من أسطوانة على السطح وإلى أسطوانة أخرى تحت مستوى سطح الماء. وللأسطوانة السفلى الحاوية على صمام في قاعدتها، كرات مطاطية تضغط هيدروليكياً عندما يدفع المكبس في الأسطوانة السطحية إلى الأسفل.

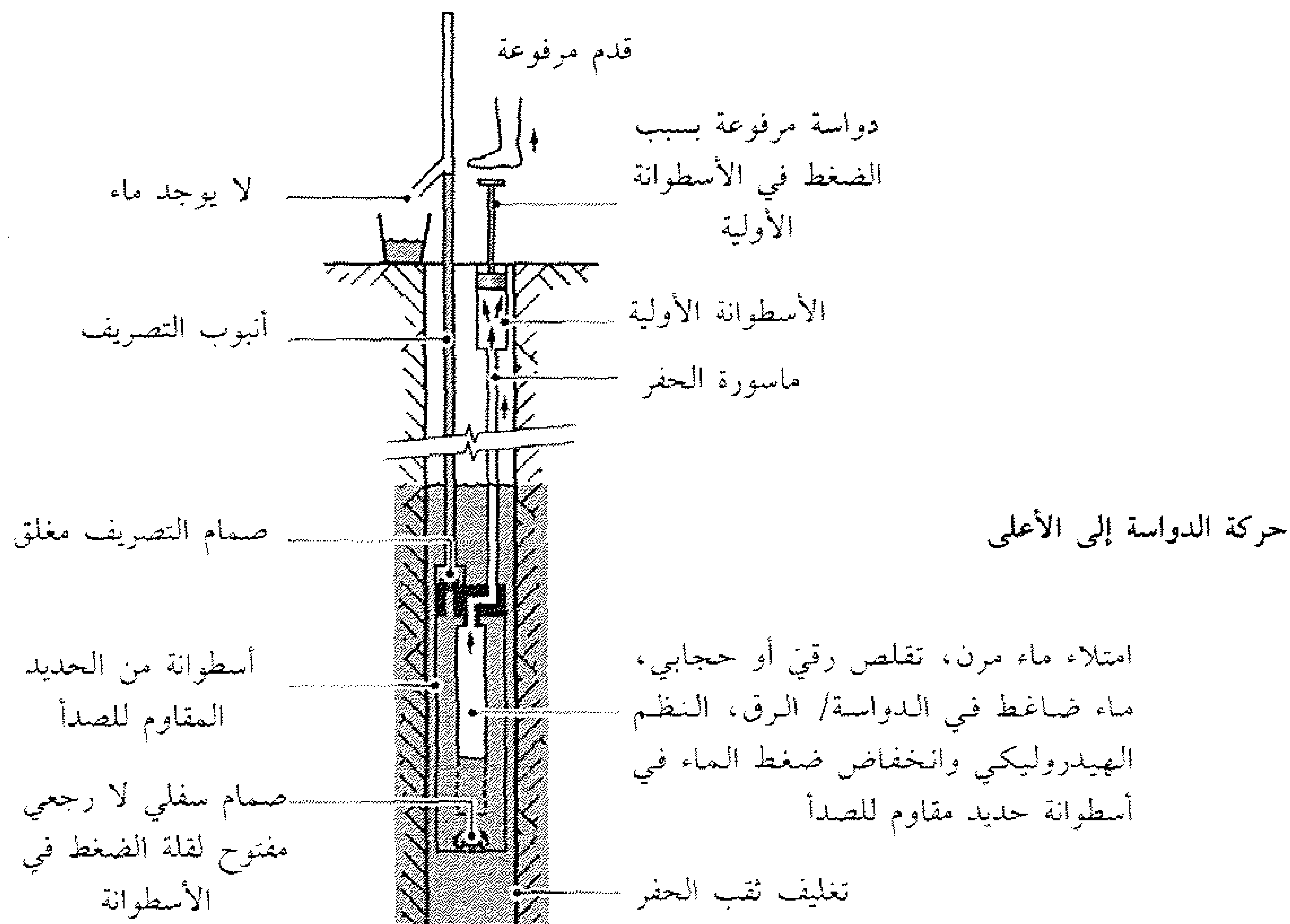
وعندما يرفع هذا المكبس بعدئذ تتمدد الكرات دافعة الماء إلى الخلف إلى الأنبوب (يتقلص أنبوب البولي إثيلين كذلك ليضيف لحركة اندفاع الماء إلى الأعلى). ويرفع المكبس في قمة الشوط خارج الأسطوانة، ويسبب القصور الذاتي للماء المتدفق إلى أعلى الأنبوب تسرب بعض المياه إلى خارج الأنبوب. وفي الوقت عينه يمتص مزيد من الماء إلى قعر الأسطوانة من خلال الصمام هذا. ويُشغّل المكبس يدوياً وكذلك بالقدم عن طريق عتلة خاصة.

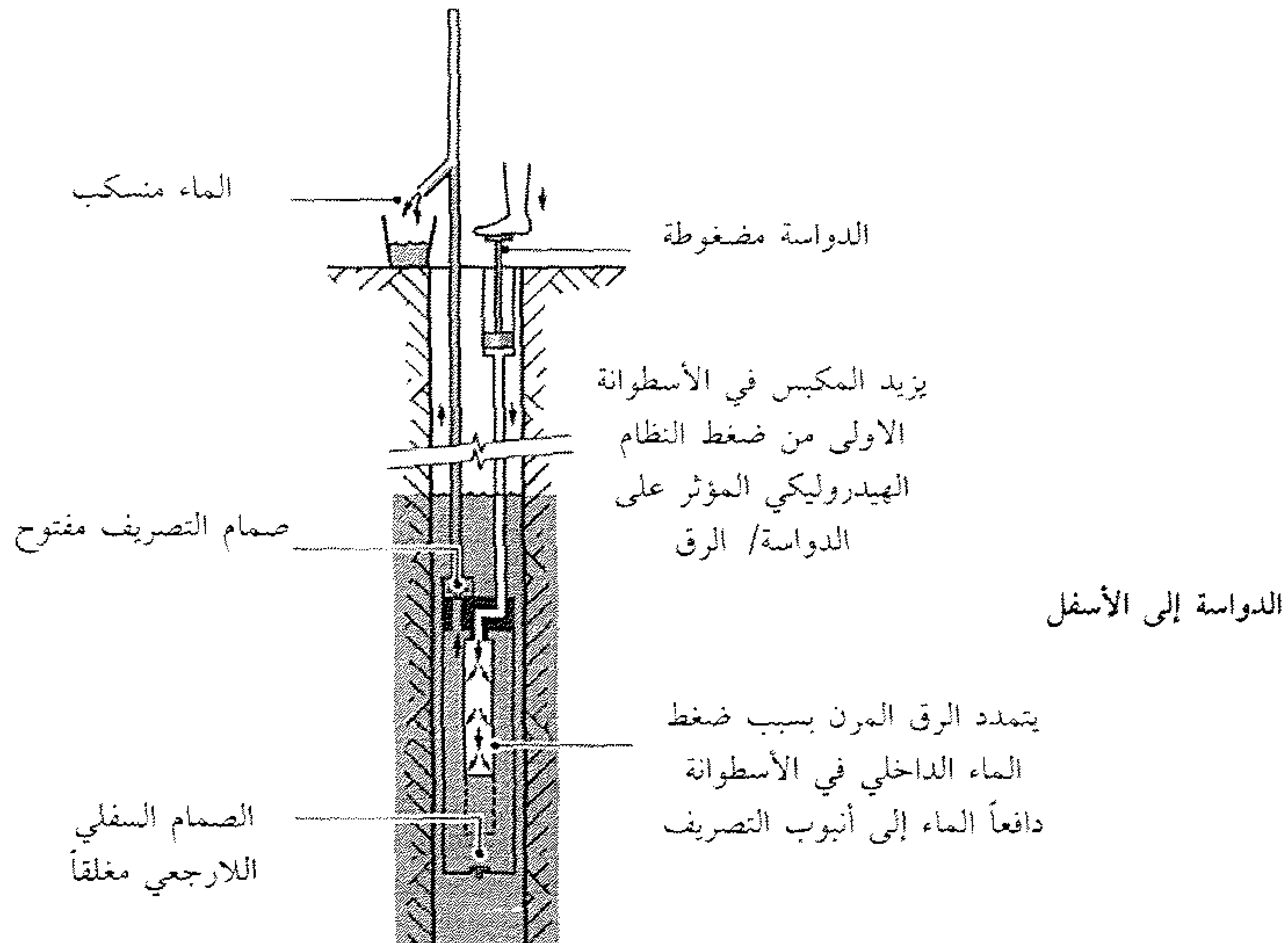
● مضخة الحبل والفلكة (Rope and Washer Pump): في هذه المضخة يُسحب حبل بشكل أنشوطة يحمل فلكات موضوعة على مسافات منتظمة بشكل مستمر خلال أنبوب بلاستيكي. وحيث إن هذا النوع من المضخات كان مناسباً فقط للآبار العريضة، ولكن طور في نيكاراغوا نوع من هذه المضخات ليناسب ثقوب الحفر (الشكل 47)، وهو ينتج الآن. يتمكن هذا النوع من المضخات من رفع 8 ليتر/ الدقيقة من الماء من عمق 40 متراً.

لمضخات الحبل والفلكة منافع التصميم البسيط مع إدامة سهلة نسبياً.

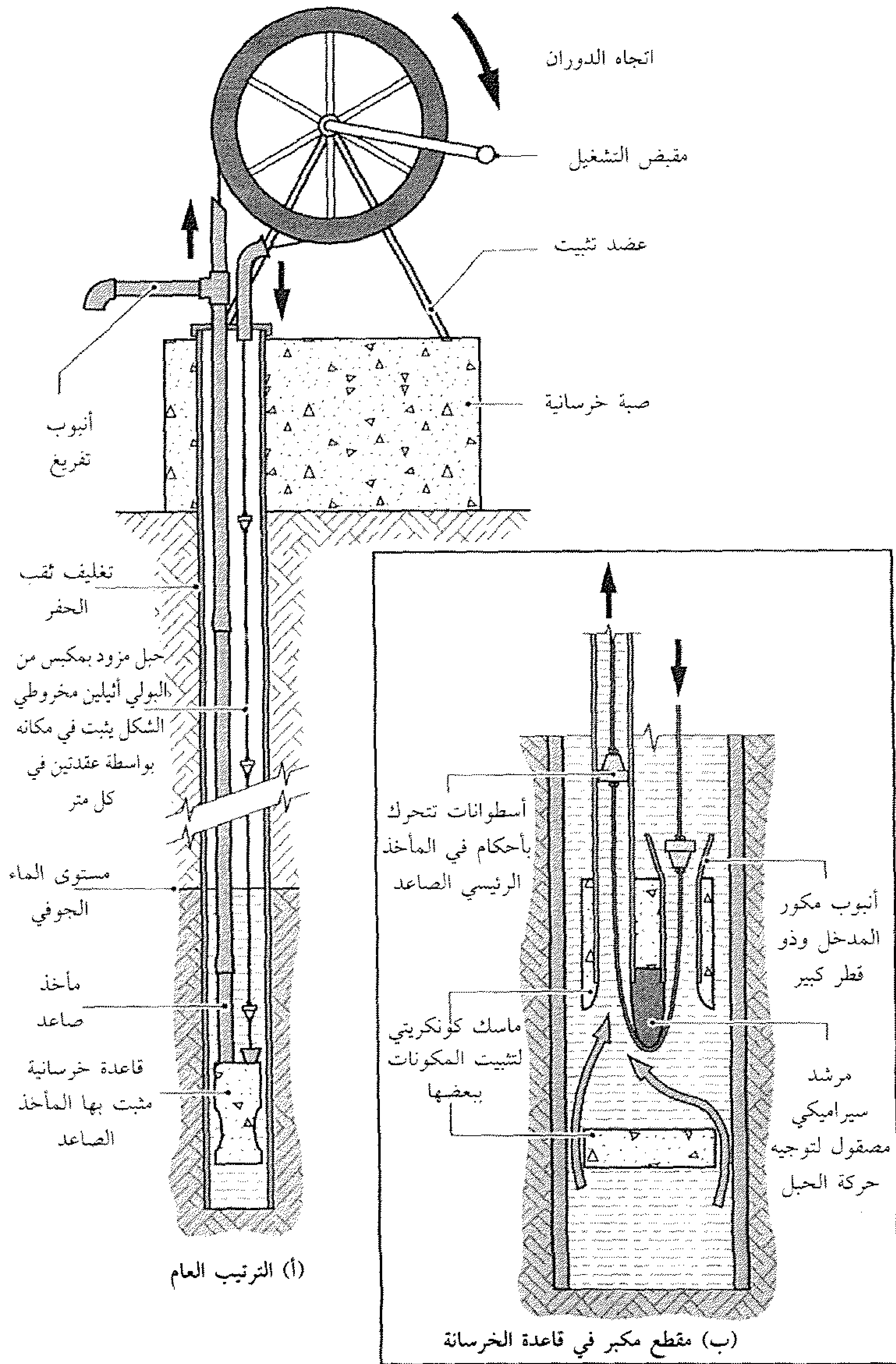
## 3.4 ـ المضخات المدارة بقوة الرياح

من محاسن هذه المضخات أنها عديمة الكلفة ولكونها مستخدمة في المطاحن الهوائية صارت كلفتها مرتفعة بالإضافة إلى الكلفة المستقطعة بسبب سكون الهواء والتي تقدر بسبعة أيام. يمكن تصنيع الطواحين الهوائية محلياً ولكنها غالباً ما تكون ضعيفة وليست بتلك الدرجة من القوة لكي تتحمل ظروف القرية.




**الشكل 46:** كيف تعمل مضخة Vergnet المدارة بالقدم.
**المصدر:** WEDC.




**الشكل 47:** مضخة الحبل والفلكة المستخدمة في ثقب حفر.
**المصدر:** WEDC.

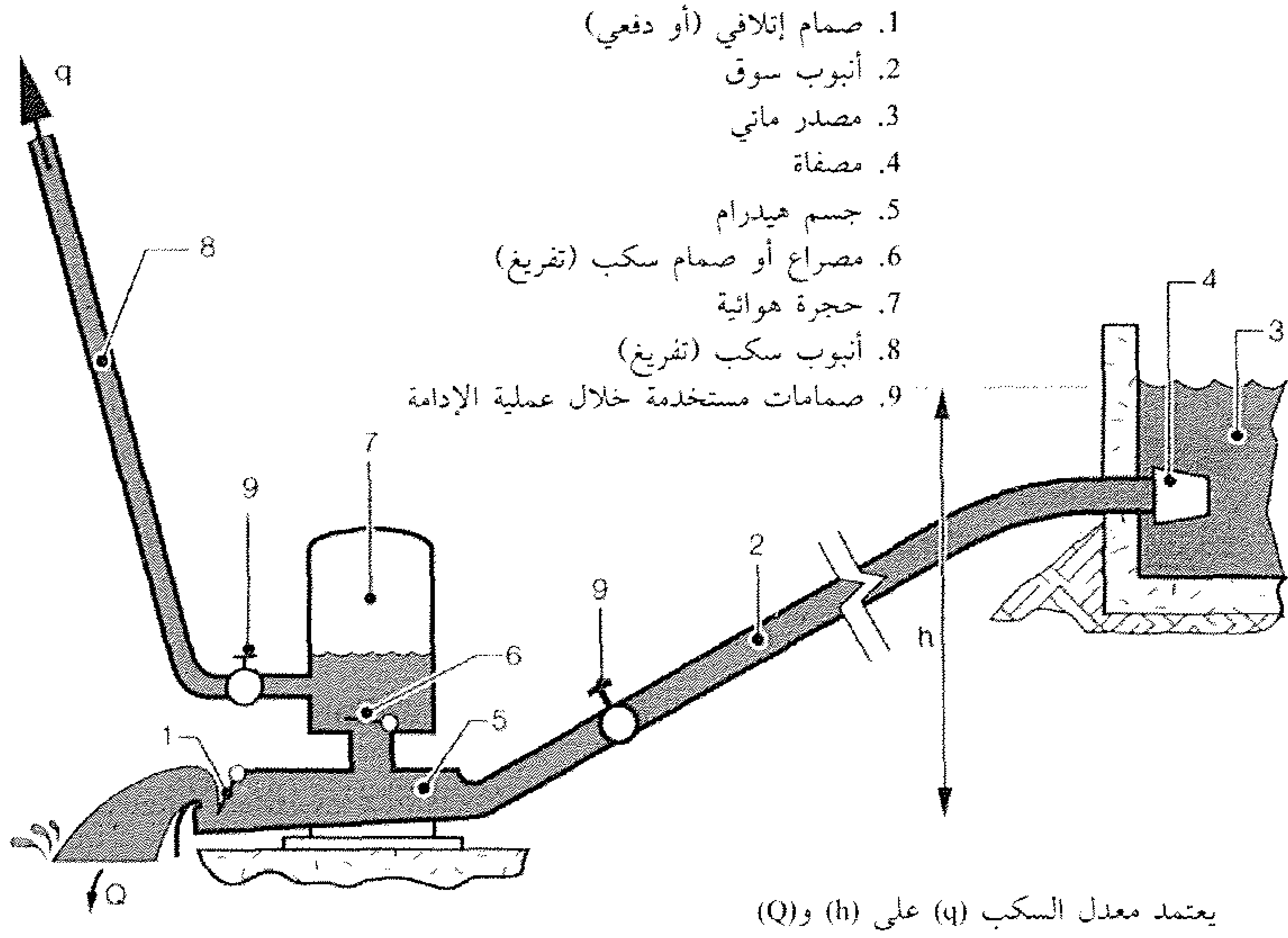
من الضروري وقبل اختيار المضخة الهوائية، التحقق من أن الرياح منتظمة الهبوب في تلك المنطقة وسرعتها مناسبة لتجهيز كمية مناسبة من المياه. ويتطلب لأجل ذلك معدل سرعة ريح لا يقل عن 2.5 متر/ثانية في مستوى العنفة. لذلك، ينبغي الحصول على استشارة متخصص.

تستخدم معظم طواحين الهواء عمود جدبات (Camshaft) متصل بقضيب يسوق مكبس داخل أسطوانة. ويعمل هذا المكبس بطريقة مماثلة لعمله في المضخة اليدوية الترددية (الشكل 40). وفي الحقيقة قد تربط طاحونة الهواء مع المضخة اليدوية بحيث يمكن رفع الماء بواسطة القوة العضلية إن لم تتوفر ريح نشيطة. ويمكن الاستعانة بمحرك ديزل عند فشل طاحونة الهواء في عملها إلا أن ذلك سيضيف إلى الكلفة.

ومما يجعل استخدام المضخة الهوائية أمراً محتملاً تواجد حرفيين لأغراض التصليح بالإضافة إلى توفر الأدوات الاحتياطية وبكلفة مقدور عليها.

### 4.4 ـ المضخات المسيّرة بالطاقة المائية

في هذا النوع من المضخات تُستخدم مضخة ضغّاط أو كبّاش هيدروليكية (Hydraulic Ram Pump) (الشكل 48) تستثمر طاقة سقوط حجم كبير من المياه لمسافة قصيرة لتساعد في ضخ 1 إلى 10 في المئة منه لارتفاعات أعلى. ويجري الماء من المصدر إلى المضخة داخل أنبوب سَوق ذي قُطر كبير فيما يندفع الماء بعد الضخ في أنبوب ذي قُطرٍ أصغر. ويجب أن يكون الأنبوبان مقاومين للضغط، ولذلك يصنعان من الحديد.




**الشكل 48:** مضخة ضغاط هيدروليكي.
**المصدر:** Fraenkel (1997).

ويسمح الصمام الإتلافي في المضخة لمعظم المياه القادمة من أنبوب السوق (Drive Pipe) أن تُصرف إلى الخارج.

من ناحية أخرى يضخ الكباش الهيدروليكي (Hydraulic Ram) الماء مستخدماً موجات ضغط يسببها الفتح والغلق الفجائي لهذا الصمام. ويسبب غلق الصمام الإتلافي جريان الماء إلى أنبوب السوق محدثاً زيادة فجائية في الضغط يستفاد منها في دفع الماء خلال صمام التفريغ (Delivery Valve) ومن ثم إلى أنبوب التفريغ وتعمل غرفة هوائية متصلة بالمضخة كماصة صدمات وهي خاصية مهمة من خواص هذه المضخة.

هذا ويرجع الماء الذي لم يضخ، ولكنه مَرَّ من خلال الصمام الإتلافي، إلى الجدول الأصلي في نقطة ملائمة تحت مستوى المضخة، وإلا فإنه يجمع لشحن مضخة ضغاط هيدروليكي أخرى بمستوى ارتفاع أدنى.

وعلى الرغم من أن مضخات الضغّاط يمكن تصنيعها محلياً إلا أنها لا تكون عادة متينة لتستخدم لفترة طويلة. وتكون مضخات الضغاط عادة مفيدة في المناطق الجبلية لرفع الماء من الجداول سريعة الجريان إلى مجمع سكني على ارتفاع أعلى من مستوى الجدول.

وتستخدم مضخات التيار المائي (Water Current Pumps) حركة جريان الماء لتشغيل التوربين وهي في العادة مربوطة إلى آلية تسوق مضخة مكبسية ترددية أو مضخة دينامية دوارة (Rotodynamic Pump) (سيأتي شرحها لاحقاً)، إما مباشرة، أو من خلال نظام تروس أو بكرات. والمعروف أن هذه المضخات أصبحت نادرة.

## 5.4 ـ المضخات المشغلة بالمحرك أو الموتور

### 1.5.4 ـ أنواع المضخات الآلية

تستخدم المضخات الآلية عادة حيثما تكون الحاجة إلى كميات كبيرة من المياه. ومعظم هذه المضخات من النوع الديناميكي الدوار (Rotodynamic Pumps) بالإضافة إلى أنواع أخرى كالمضخات المكبسية الترددية، ومضخات التجويف المتقدمة، والمضخات الرقيّة.

لضمان كفاءة عمل المضخة يجب أن يتوفر ما يلي في المضخة المختارة:

- معدل العطاء المطلوب.
- رفع الماء إلى الارتفاعات المطلوبة.
- التغلب على ممانعة الضخ الناجمة عن مرور الماء في نظام الأنابيب المعتمد والذي يؤدي إلى خفض معدل الضخ (الجزء 2.4.7).

• أن تناسب كمية المواد الصلبة العالقة الموجودة في الماء وأنواعها.

عليه، فإن اختيار المضخة الصحيحة (الملائمة) هي عملية تقتضي مهارة وخبرة.

يمكن الاستعانة ببعض المضخات اليدوية لاسيما تلك المحتوية على عناصر دوارة كالدولاب الطيار، أو كمضخات التجويف المتقدمة لكي تدار مباشرة بموتور أو محرك من خلال ربطها بناقل حركة حزامي (Belt Drive). وهذه المرحلة مفيدة في تجويد استخدام المضخة اليدوية كلما زاد عدد السكان، مادامت صالحة للتطوير والارتباط بنظام آلي.

من ناحية أخرى فإنه يتطلب من ثقوب الحفر أن تكون قادرة على توفير ما يكفي من المياه لمواجهة الزيادة في معدل الضخ.

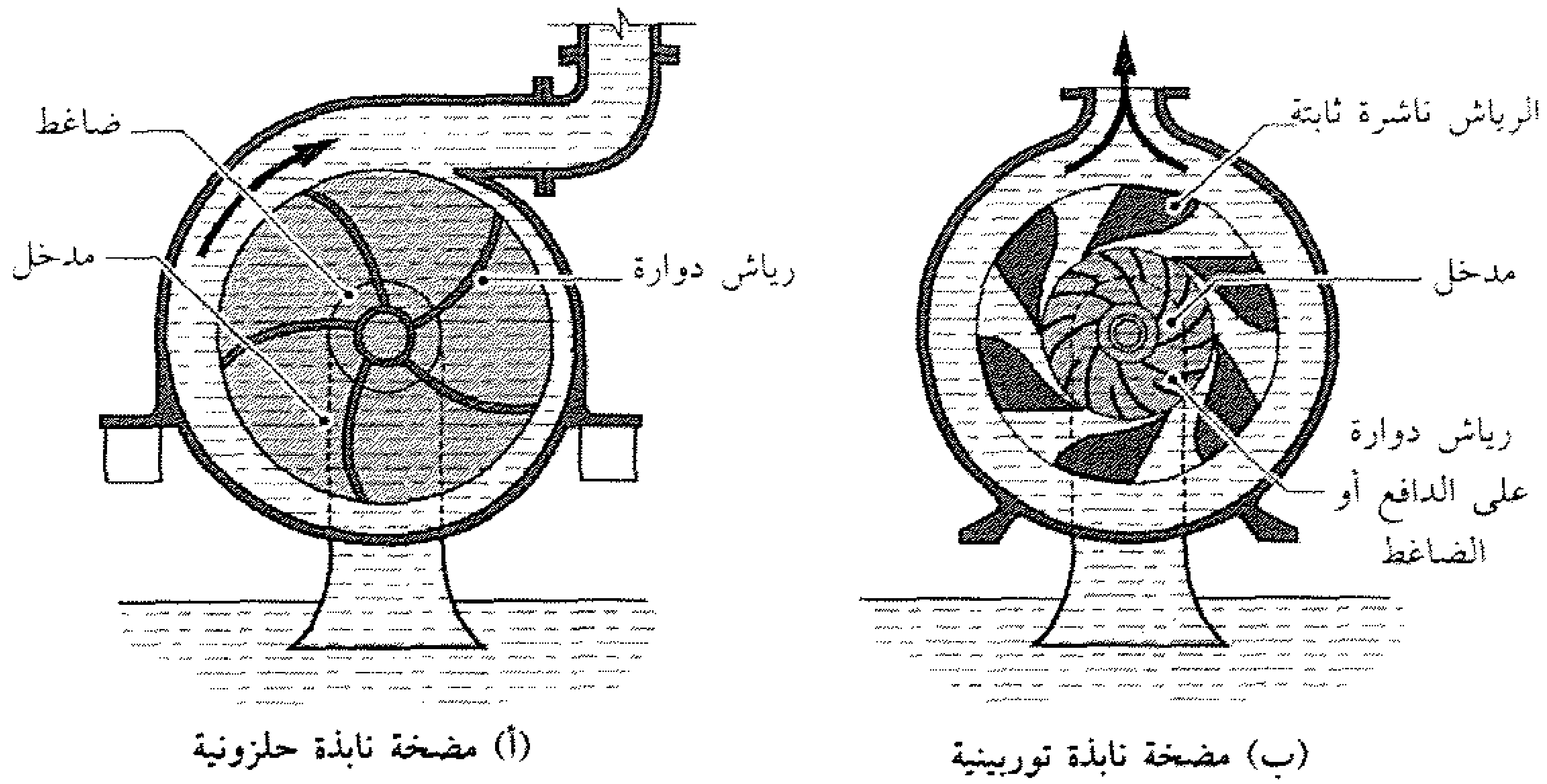
**المضخات الديناميكية الدوارة** (Rotodynamic Pumps): لهذه المضخات أسطوانات تعمل بنفس الطريقة التي تعمل بها المضخات اليدوية، (كما في الشكل 40). وفيها تتحول الحركة الدورانية للمحرك أو الموتور إلى حركة ترددية باستخدام أدوات ميكانيكية مختلفة. وهذه المضخات قادرة على الاستخدام في المناطق النائية.

**المضخات المكبسية الترددية** (Reciprocating Piston Pumps): ولهذه المضخات أسطوانات مكبسية تعمل بنفس الطريقة التي تم وصفها في المضخات اليدوية في الشكل 40. وتتحول الحركة الدورانية للمحرك أو الموتور إلى حركة ترددية (Reciprocating) باستخدام أدوات ميكانيكية مختلفة. وقلما تستخدم هذه المضخات في موارد المياه النائية.

**مضخات التجويف المتقدمة** (Progressive Cavity Pumps): وتحتوي هذه المضخات على عناصر ضخ تعمل بنفس طريقة

المضخة اليدوية الموصوفة في ص 151 و152 من هذا الكتاب. ويُركب عنصر الضخ عمودياً أو أفقياً.

**المضخات الرقية** (Diaphragm Pumps): وتعمل هذه المضخات باستخدام رق أو حجاب مطاطي كأحد جدران أسطوانة الضخ، والتي يكون لها أيضاً مدخل مع مصراع أو صمام إخراج (Outlet Valve)، وهنالك وصلة موتور مرتبطة بالرق تحركها إلى الداخل والخارج فتعمل على ضخ الماء. وقلما تستخدم المضخات الرقية في تجهيز المياه، ولكنها ملائمة بشكل خاص في تجفيف أو نزح مياه الآبار الضحلة أو في استخراج المياه من الآبار التي لا يزيد عمقها عن سبعة أمتار. لاحظ أن هذه المضخات تستخدم نظام تشغيل يختلف تماماً عن نظام التشغيل الهيدروليكي المستخدم في مضخة Vergnet الرقية المذكورة في ص 151 و152 من هذا الكتاب.




الشكل 49: نوعان من المضخات النابذة.
المصدر: Fraenkel (1997).

## 2.5.4 ـ حدود المص والشحن (الإعداد للانطلاق)

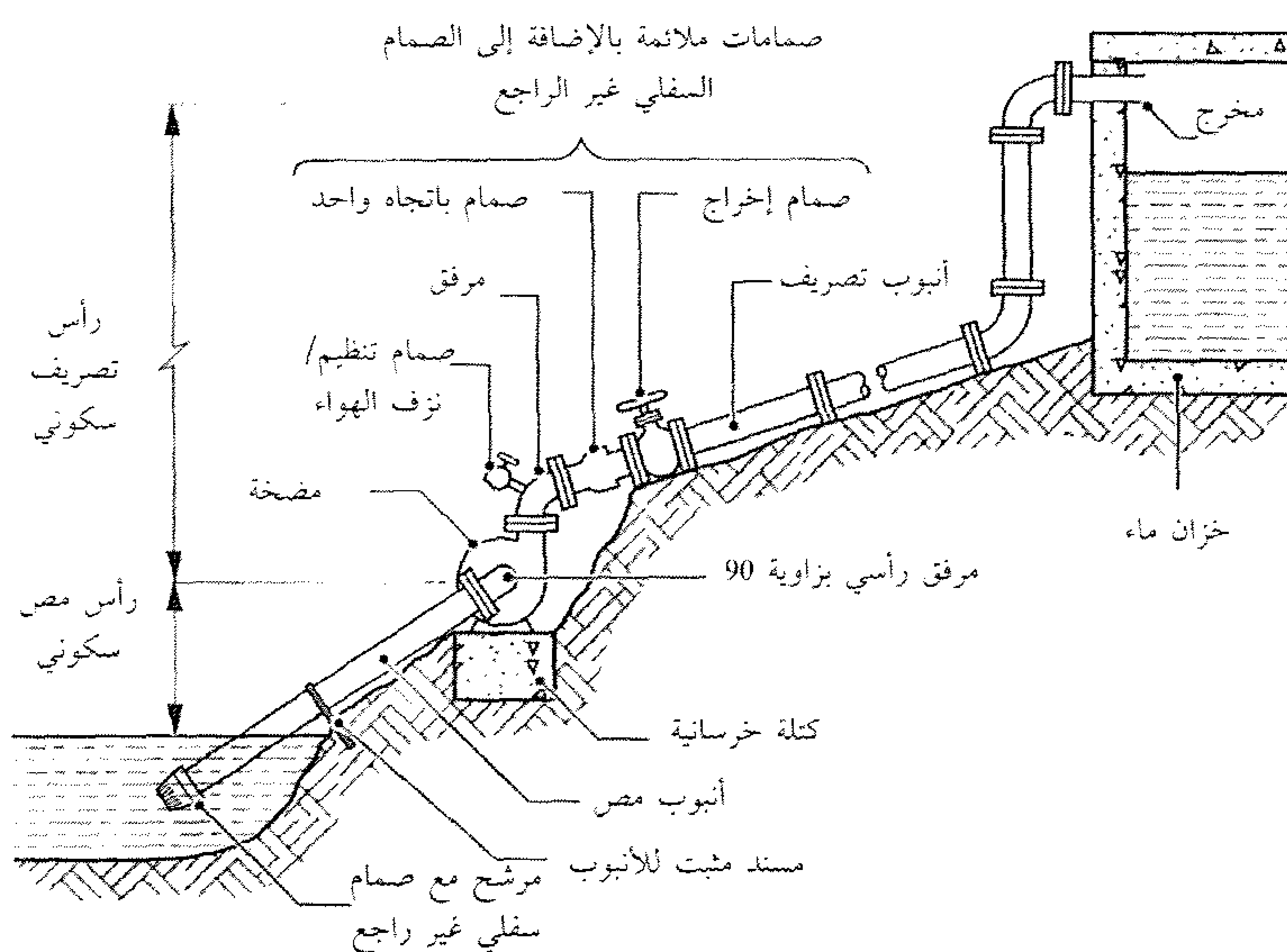
لا تتمكن المضخة الموضوعة فوق المصدر المائي من سحب الماء لأكثر من سبعة أمتار عمق، ولا أكثر من 4 - 3 أمتار بالنسبة إلى المضخة النابذة. وتعتمد حدود المص (Suction Limits) الحقيقية على الضغط الجوي الذي ينخفض بزيادة الارتفاع (لاحظ التعليقات حول مضخات المص في ص 140 و141 من هذا الكتاب).

من الضروري لتشغيل مضخة موضوعة فوق مستوى الماء أن يتم أولاً تفريغ الهواء منها، وللوصول إلى ذلك يضاف الماء عادة إلى عنصر الضخ، وذلك فيما تشتغل المضخة يلفظ الماء والهواء منها ومن أنبوب المص حتى يمتلئ الاثنان بالماء عندما يبدأ التجهيز. تسمى هذه العملية «بالشحن أو الإعداد للتشغيل» (Priming). ويتطلب في هذه العملية توفير كمية كافية من الماء لتحقيق تفريغ تام لجمع الهواء في الأنبوب. لذا من المهم خزن ماء لهذا الغرض في خزان مرتبط بأنبوب جانبي إلى مدخل المضخة. وبإمكان صمام سفلي غير راجع (Non - Return Foot valve) مركب على أنبوب المص أو في أسفله (الشكل 50) جعل عملية الشحن أكثر سهولة ولكن وضعه في هذا المكان قد يجعل الوصول إليه لأغراض التصليح أمراً صعباً.

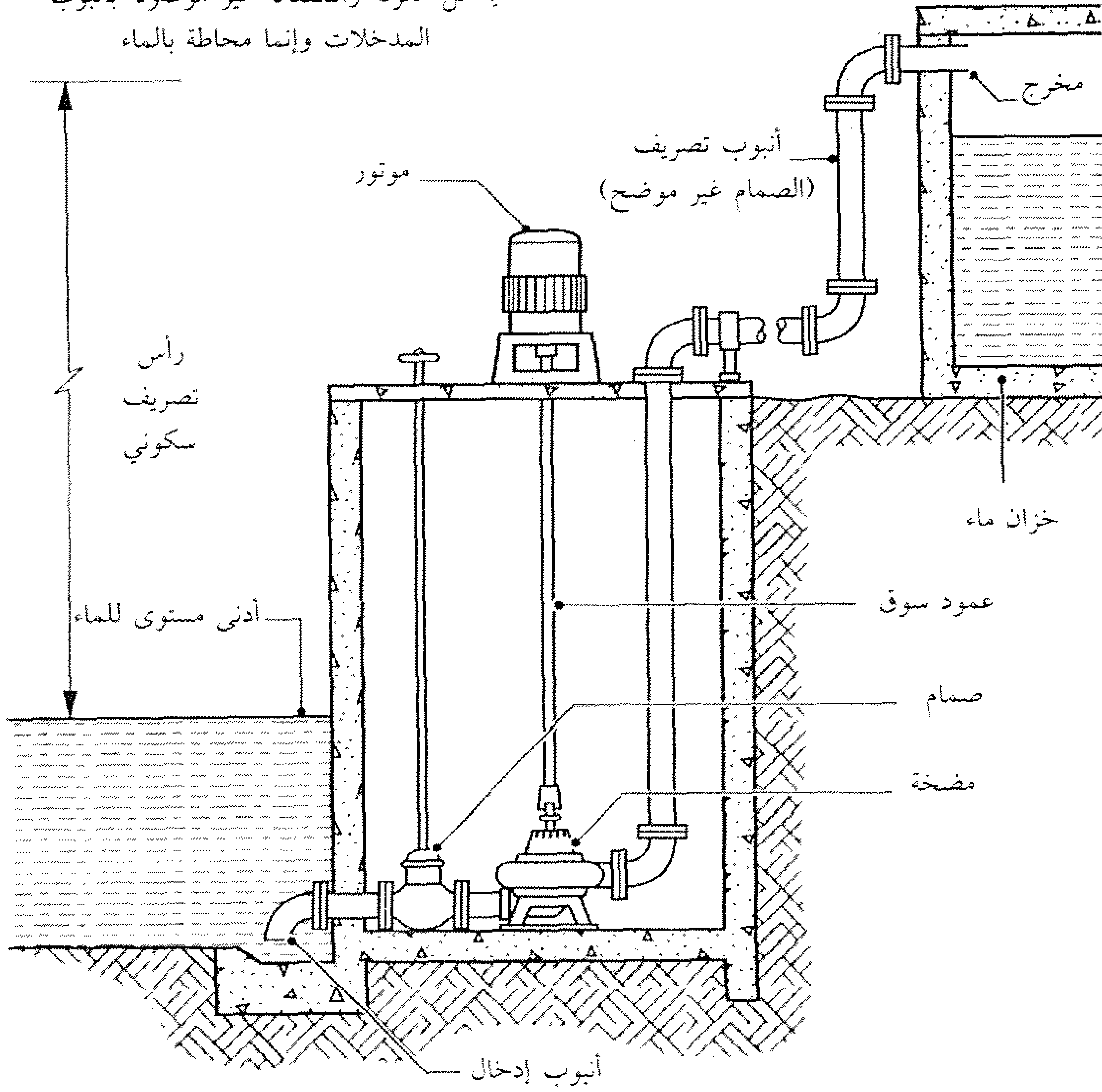
كما ويجب أن يكون الصمام ذا حجم كاف لضمان الجريان إلى الأنبوب دون تعويق كبير. وبإمكان هذا الصمام إن كان بتلك الدرجة من الجودة أن يحتفظ بالماء في المضخة لوقت ما بعد توقفه، بحيث تنتفي الحاجة إلى «الشحن».

يجب أن يكون أنبوب المص غير منفذ للهواء، وإلا فإن المضخة سوف لن تعمل أبداً، أو ربما تعمل بصورة غير كفوءة.

إما إذا كان مستوى الماء دون حدود المص فيمكن الاستعانة بمضخة تنصب على سطح الأرض بدلاً من وضعها دون سطح الماء، ولو أن الموتور قد يبقى على السطح كما هو مبين في الشكل 51. وإذا كانت المضخة وموتورها من القوة الكافية وكذلك أنابيب التوصيل، فإن أي كمية من الماء تدخل المضخة سيمكن رفعها إلى أي ارتفاع مطلوب.




**الشكل 50:** تمديدات مضخة نابذة سطحية.
**المصدر:** WEDC.




الشكل 51: مضخة نابذة تحت السطح ثم نصبها في بئر جافة.
المصدر: WEDC.

## 3.5.4 ـ مصادر طاقة المضخات الآلية

تُشغل المضخات الآلية إما بواسطة مكائن احتراق داخلية أو بموتورات كهربائية. وتشتغل مكائن الاحتراق الداخلي عادة بالديزل، مع أن مكائن الجازولين تستخدم أحياناً.

تتأثر كفاءة أداء مكائن الاحتراق الداخلي عادة بدرجة الحرارة والارتفاع.

وتجهز الموتورات الكهربائية بالطاقة الكهربائية من مجهز

رئيس، أو من مولدة، أو من الطاقة الشمسية المحولة إلى كهربائية بواسطة ألواح فوتوفولطائية. هذا ولا تحتاج الموتورات الكهربائية إلى صيانة مستمرة وهي أكثر كفاءة وموثوقية من مكائن الديزل. لذلك، فهي مفضلة حينما يكون التجهيز الكهربائي بالفولطية المستقرة متاحاً.

بإمكان المضخات الكهربائية الغاطسة أن تتعامل مع تراكيز عالية من المواد الصلبة العالقة وتستخدم أحياناً أثناء إنشاء الآبار المحفورة يدوياً التي يزيد عمقها عن حدود امتصاص المضخات المقامة على سطح الأرض. ويجب لأسباب تتعلق بالسلامة أن تشغل هذه المضخات الغاطسة على فولطية واطئة (50 فولطاً، على سبيل المثال).

إن محاولة التوليف (المماثلة) بين المحركات والموتورات وبين المضخات وترتيب طرائق كفوءة لنقل القدرة بينها هي مهمة يفضل تركها للمختصين. لذلك، يفضل أن تجهز المحركات/ الموتورات مع المضخة وهي مثبتة إلى لوح تثبيت (Baseplate) من المجهز وهي بحالتها النهائية.

إن التطور الحثيث في ألواح الفوتوفولطائية والمضخات العاملة بالطاقة الشمسية يعني أن هذه الطرائق باتت أقل كلفة، وأكثر اعتمادية (موثوقية) وشعبية من غيرها وإن كانت لا تزال قليلة الاستخدام. والشائع استخداماً هو الألواح المغذية للمضخات النابذة الغاطسة التي تمتاز بكلفة تشغيل واطئة، إلا أن إدامة المكونات الكهربائية هي المهمة المتخصصة والأكثر كلفة.

### 4.5.4 ـ مصونية الأنظمة الآلية

لعل إدامة مضخة آلية أكثر صعوبة وكلفة مقارنة بكلفة إدامة مضخة يدوية. لذلك، يجب أن لا يتم اختيار مثل هذا النظام إلا إذا توفرت عوامل مصونيته.

وفي بعض المناطق، حيث التجهيز بالوقود يكون شحيحاً (لاسيما خلال فصل الأمطار)، والكهربائية المتاحة لا يعتمد عليها (من حيث ثبات الفولطية والقطوعات المنتظمة)، أو لعدم توفر المهارات الجيدة للإدامة والتصليح، ما يعني أن هذه الأنظمة يستبعد اعتبارها ملائمة. هذا ويجب أيضاً أن يكون المصدر المائي قادراً على تجهيز الوفرة المطلوبة خلال الفترة التصحيحية لذلك النظام.

من المهم لدى استخدام مضخة أن يتم اختيارها على أساس أنها معروفة ميكانيكياً وتشغيلياً من قبل عامل الميكانيك المعتمد لدى المستهلكين، بحيث يتمكن من شراء الأدوات الاحتياطية الملائمة لها عند الحاجة. وعند توفر مضخات ملائمة ويعتمد عليها في تلك المنطقة، يفضل شراء شبيه لها مصنعة من قبل مصنع معروف. وهذا ينطبق أيضاً على المحركات والموتورات التي تدير المضخة.

تحتاج محركات الاحتراق الداخلي إلى كثير من الإدامة ما يجعلها باهظة الكلفة في المناطق القروية والنائية. عليه، من المهم أن تتفق مجموعة المستهلكين على جمع ما يكفي من النقود لأغراض التشغيل والإدامة، وتتضمن هذه كلفة إبدال مرشحات الهواء، والزيت، والأجزاء سريعة التلف، بالإضافة إلى الخدمات المنتظمة والتصليحات. كما ويتطلب قبل كل شيء تحديد من سيقوم بمهمة تشغيل المضخة ومن سيكون مسؤولاً عن تصليحها، ومن أين سيؤتى بالوقود أو القوة الكهربائية.

قد تبدو هذه النقاط كتحصيل حاصل، ولكنها تنسى عادة وهذا يفسر الكثير من الإعطال في تجهيز المياه في عموم العالم.

# الفصل الخامس الخزن

## 1.5 ـ مقدمة

عموماً، هنالك نوعان من طرق الاحتفاظ بالخزين المائي: النوع الأول، الخزن بالحجوم الكبيرة غير المحمية كالمستوعبات الضخمة والسدود، أو خزانات مياه الأمطار الصغيرة التي لا تتجاوز مهمتها خزن الماء خلال فصول الجفاف من السنة. وثانياً: خزن المياه لاستهلاكها خلال فترات ذروة الطلب السنوية، أو خلال الطوارئ.

إن الحاجة إلى خزن مياه الأمطار قد تم مناقشتها في الجزئين 2.3 و2.3.3. وسلط المربع 9 الضوء على فوائد خزن المياه في الجداول بطيئة الجريان. واستخدام صهاريج خزن المياه لتحسين النوعية، وقد نوقش هو الآخر في الجزء 3.6.

يجب حماية المستوعب الخازن لمياه الشفة من التلوث، كما يجب إبقاؤه مغطى للاغراض التالية:

- إيقاف دخول الرياح الحاملة للملوثات إلى داخل الصهريج.
- تقليل التبخر.
- تقليل نمو الأشنات والطحالب.
- إيقاف دخول الحشرات والحيوانات.

يجب سحب الماء من الخزان بطريقة ملائمة لتجنب تلويثه، ويجب وضع مشبك من القماش أو المعدن حول فوهة أنبوب التصريف، وأي منفس من الخزان لمنع دخول الناموس والتكاثر داخله. ويتطلب العمل على تصريف المياه الفائضة بعيداً لمنعها من تكوين برك صغيرة تشكل بؤراً لتكاثر الحشرات والبعوض، أو عمل مجرى مائي تحاتي.

يجب معاملة المياه من الخزانات المفتوحة على أنها مياه سطحية، وأنها قد تحتاج إلى معالجة قبل استخدامها.

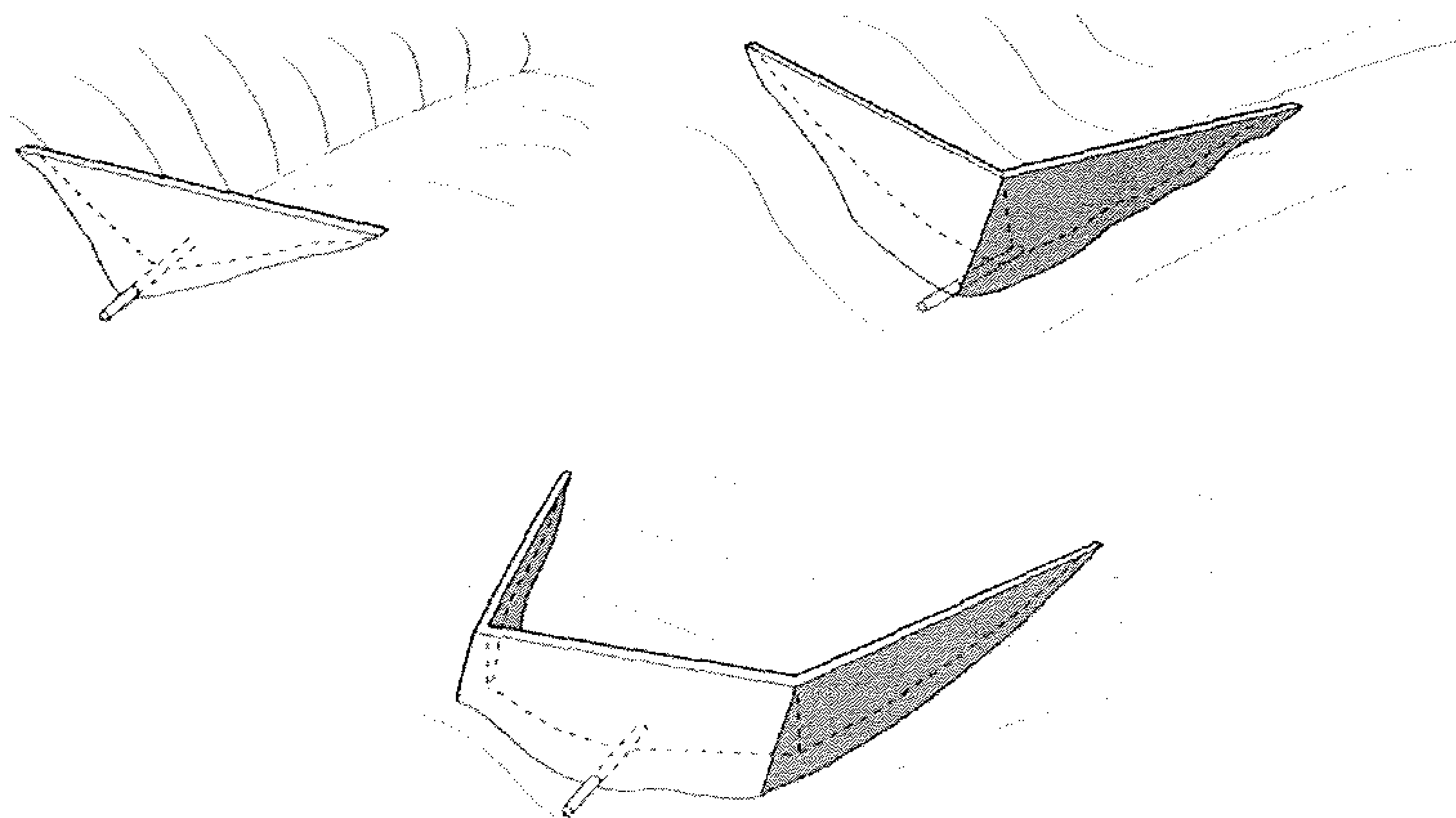
## 2.5 ـ السدود

يمكن يناء مستوعبات كبيرة الحجم بكلفة متدنية ببناء سد ترابي يعترض مجرى مناسب (واد، أو خانق)، أو مجرى مائي تحاتي.

من ناحية أخرى قد تكون السدود الترابية شديدة الخطورة؛ إذا ما فاض الماء بشكل غير مسيطر عليه دافعاً كميات هائلة من المياه إلى المناطق المنخفضة. كذلك قد توفر المستوعبات المفتوحة بؤراً لتكاثر البعوض (ما يزيد من خطر انتقال وانتشار الملاريا) بالإضافة إلى نواقل بيولوجية أخرى (كتلك المتعلقة بنقل البلهارزيا ومرض دودة غينيا (Guineaworm Disease). وتتكون بعض الخزانات الطبيعية عند نصب سدود تعترض جداول ولكنها سرعان ما تمتلئ بالطمى خلال سنة أو أكثر. وخزانات أخرى لا تمتلئ أبداً لأن الأرض تحتها شديدة المسامية أو/ بسبب الخسارات الكبيرة الناجمة عن التبخر. عليه، يجب الاستعانة بمهندس في وضع مخطط لبناء السد. هذا ويمكن بناء السد من الخرسانة أو الصخور إذا كانت الأسس رصينة.

وعندما لا تكون الأسس صلدة، يراهن على سدود ترابية مرصوصة، أو سدود صخرية على جانبي المجرى معززة بقلب

عمودي من الطمى غير المنفذ للماء. وهنالك سدان أو ثلاثة شبيهة بالإسفين (Wedge - like) يمكن استخدامهما كجوانب لخزان طبيعي بوضعهما على سطح مائل ليس فيه تقعر لتكوين خزان، أو مستوعب من سد اعتراضي واحد (الشكل 52).



**الشكل 52:** تكوينات مختلفة لجدران سد مبني من صخور ليحضن ويثبت الصخر.
المصدر: Nissen-petersen and Lee (1990).

وثمة نوعان خاصان من السدود سبق ذكرهما، ص 115 من هذا الكتاب، هما سد الخزن الرملي (Sand Storage Dam) وسد المياه الجوفية (Groundwater Dam).

## 3.5 ـ خزانات (أو صهاريج) الخزن

### 1.3.5 ـ مدخل عام

تبنى المستوعبات بشكل خزانات على سطح الأرض، أو تدفن فيها مع بقاء سطحها العلوي بارزاً، أو توضع دون مستوى المياه الجوفية، من مواد مختلفة. وقد ذكرت ثلاثة أنواع منها في الأجزاء

2.3.5، 4.3.5. ويوصى بالاعتماد على خبرة متخصص ملائم قبل الشروع ببناء هذه السدود. فإن، أقيم مستوعب مدفون جزئياً في أرض صلدة فبإمكان التربة أن تسند الجوانب أو الضفاف، كما إنها تبقي الماء بارداً في الطقس الحار. ولكنها، مع ذلك لها صفة غير محمودة هي الحاجة إلى مضخة لسحب الماء نظيفاً وبصورة صحية من الخزان. والبديل تزويد حفرة خارج الخزان بدرج (سلم) لتوفير مدخل إلى الصنبور الموجود بالقرب من قاعدة الخزان.

ويجب رفع سقف خزان المياه الجوفية بما لا يقل عن 300 mm لمنع خطر تسرب المياه السطحية إليه.

كما يجب أن يكون ارتفاع أنبوب التصريف (Outlet Pipe) ما لا يقل عن 100 mm فوق قاعدته تحوطاً من دخول الطمى إلى الخزين المائي عند تفريغ أو نزح الطين والطمي من قعر الخزان. هذا ويجب تزويد قعر الخزان بأنبوب تفريغ أو نزح مزود بصمام مقفول يمكن فتحه لضمان تفريغ الخزان بصورة تامة عند الحاجة (لأغراض التنظيف، مثلاً). وإذا أمكن يفضل إمالة أرضية الخزان قليلاً باتجاه التصريف وأن يتم توجيه التصريف إلى ماء سطحي ملائم أو إلى حفرة مليئة بالصخور (حفرة مشرب أو Soakaway).

بصورة عامة تحتاج مستوعبات الخزن إلى مقدار معتدل من الصيانة، إذ يجب تفريغها وتنظيفها مرة واحدة في السنة حيث تجري عليها أعمال التصليح أيضاً.

وحيث يتطلب التجهيز المستمر بصورة خاصة، يفضل استخدام خزانين لتوفير حجم الخزن المطلوب، إذ يستمر أحدهما بالتجهيز فيما يتم تنظيف الآخر.

ولا تكون التسربات في الجزء العلوي (فوق الأرض) من

الخزان مشكلة، ولكنها في الخزانات المدفونة قد تؤدي إلى تلوثات، لاسيما إذا كان مستوى الماء الجوفي المحيط أعلى من مستوى الماء في الخزان. كذلك إذا كان مستوى الماء الجوفي عالياً فسيتكون خطر آخر كبير ألا وهو اقتلاع الخزان الفارغ ودفعه إلى سطح الأرض.

ومن الطرق البسيطة لتحديد حجم الخزن المطلوب هو تخزين تجهيز ليوم واحد. ومن طرائق التقدير الأدق لحجم الحد الأدنى المراد تخزينه للاستهلاك العادي، هو حساب حجم التدفق (الجريان) الداخل والخارج لفترة معينة وعلى امتداد 24 ساعة. وبذلك يمكن معرفة الخزين في كل ساعة من ساعات اليوم. فإذا كان هناك نزر من المياه المخزونة لتلبية الحاجة، فإن الحد الأدنى للخزن المطلوب يجب أن يكون الفرق الأكبر بين مجموع الجريان إلى الداخل ومجموع الجريان إلى الخارج. والأمر بديهي شريطة أن يبدأ الحساب في وقت يضمن فيه استمرار بقاء التجميع إلى الداخل أكبر من التجميع إلى الخارج.

تكون الخزانات الأسطوانية أكثر كلفة عادة وأكثر قوة ومتانة من الخزانات المكعبة أو متوازية المستطيلات. وبالنسبة إلى خزانات مياه الشفة فيتوجب تعقيمها بعد التصنيع وكذلك بعد إجراءات الإدامة إذا ما تولد شك بأنها قد تلوثت (انظر الجزء 5.3).

### 2.3.5 ـ خزانات الطابوق أو الحجر

يجب أن لا يبنى هذا النوع من الخزانات إلا من قبل بنائين من ذوي الخبرة. ويتطلب أن يكون مستوى البناء والمواد المستخدمة أفضل مما هو مألوف في الأبنية التقليدية لكون البناء محكم وغير مُنفذ للماء. كما ويتطلب تسليحه حيثما يراد بقضبان أو أسلاك تُضمَّن في أعمال الطابوق أو الصخر لإضفاء مزيد من القوة. والبديل أن تلف جدران الخزان بأسلاك عادية أو شبكة معدنية ثم تعالج بطبقة

من ملاط الإسمنت (Cement Mortar). كما إن نوعية الطابوق والرمل المستخدمين في بناء الخزانات أفضل من نوعيتها المستخدمة في الأبنية والإنشاءات. كذلك يجب أن يكون ملاط الإسمنت غنياً بالإسمنت وعلى أساس القاعدة 1:3 (رمل: إسمنت). يكون باطن الخزان عادة غير منفذ للماء ومغطى بطبقة إلى طبقتين من هذا الملاط الإسمنتي. ويستحسن أيضاً أن تعامل جدران الخزان الداخلية بطبقة نهائية خفيفة من الإسمنت النقي حيث يُلقى على سطح الجدار مزيج سميك (شبيه بالهريسة) من مسحوق الإسمنت والماء ثم يتم نشره وتنعيمه بواسطة المالج (Trowel).

### 3.3.5 ـ خزانات الإسمنت الحديدية (أو الإسمنت المُسلّح)

أصبح استخدام خزانات الإسمنت المسلح في الدول النامية شائعاً وفي تزايد مستمر لكونه بسيط التركيب وقليل التكاليف. يتكون خزان الإسمنت المسلح من ملاط إسمنتي مسلح بطبقات من شبكة معدنية (شيش حديد) إما مُلَحمة أو مثبتة بأسلاك معقودة، ويضاف إليها أحياناً أطواق (Hoop) سلكية للزيادة في القوة. يتألف الملاط عادة من النسبة 1:3 (إسمنت: رمل، حجم جاف). وتبلغ سماكة الجدار المسلح للخزان أقل من 50 مليمتراً مبني من طبقتين إلى ثلاث طبقات من الملاط. ويتطلب للخلطة، رمل خشن ونظيف، وإسمنت منتج حديثاً وعمالة حاذقة لبناء خزان إسمنت مسلح، جيد.

ويكتسب الملاط الجديد صلابة بإبقائه رطباً لمدة أسبوع في الأقل بعد نشره على الجدار وأن هذه الطريقة مهمة أيضاً في تحسين قدرته على أن يكون غير نفاذ للمياه.

إذا توفرت شبكة معدنية (فتحاتها البينية أقل من 5 مليمترات) لتغطية الهيكل المعدني الأساس المعمول من قضبان إسناد معدنية

ذات أقطار صغيرة (أو شبكة من قضبان ملحومة)، سيصبح بالإمكان حينئذ إنشاء الخزان من دون الحاجة إلى قالب مؤقت أو هيكل خشبي ساند.

ويمكن مع هذه المواد حشر الملاط في داخل الشبكة من داخل وخارج الخزان. ويستخدم هيكل ساند مؤقت، عادة، من داخل الخزان وتملج الطبقة الأولى من الملاط إلى التسليح من الخارج. وهنالك طريقة شائقة تستخدم هيكلاً خارجياً من الخيش أو النايلون مربوطاً بشكل جيد إلى خارج التسليح بواسطة سلك حلزوني على نقاط متباعدة (الشكل 53). وتعمل الطبقة الأولى من الملاط في هذه الطريقة من داخل الخزان.

ولقد استخدمت الحفر نصف الكروية، المبطنة بالإسمنت المسلح، بمشبك أقفاص الدجاج والأسلاك الشائكة بنجاح في بناء خزانات ماء أرضية رخيصة (الشكل 54)، وبحجوم تزيد عن 80 متراً مكعباً.

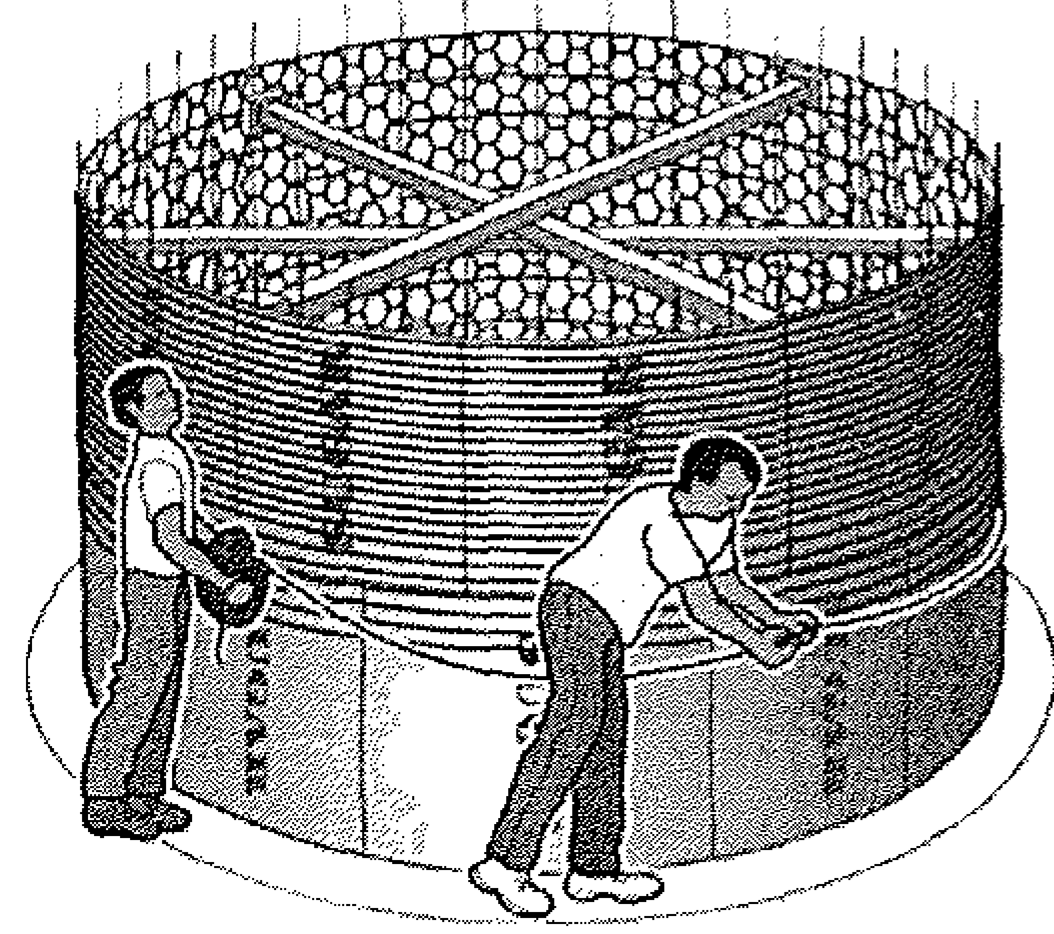
وتبنى عادة جدران أسطوانية على حافة الخزان نصف الكروي لخزن كميات مضافة من المياه فوق مستوى سطح الأرض، ثم يبنى سقف محدب من مادة الإسمنت المسلح فوق الخزان مدعماً بأنبوب مليء بالخرسانة ومثبت في مركز الخزان. هذا ولتعزيز إحكام الخزان وعدم نفاذيته، أو لتصليح ما هو نفاذ منه للماء، يمكن إضافة طبقة من الإسمنت المسلح إلى داخل الخزان.

### 4.3.5 ـ جرار الإسمنت المُسلّح

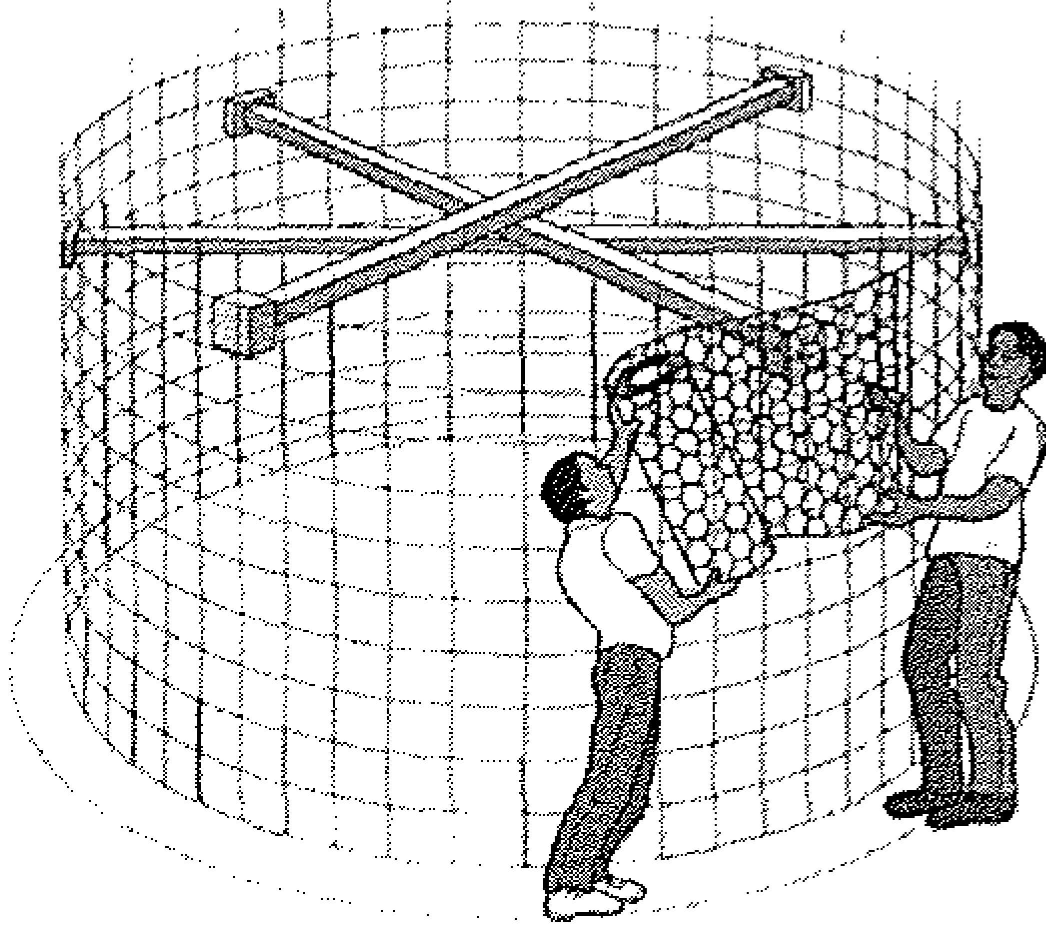
تستخدم هذه الجرار لخزن حجوم تصل إلى 2 متر مكعب، ويستخدم السلك الحلزوني كإجراء احتياطي في تدعيم الجرار الكبيرة. وتعد الجرار الصغيرة مثالية لخزن المياه منزلياً عندما يصعب

توفير كلفة خزان لمياه الأمطار فتكون الجرار الكبيرة نقطة شروع (أو بداية) في التدبير الوقائي أو الاحترازي للمياه.

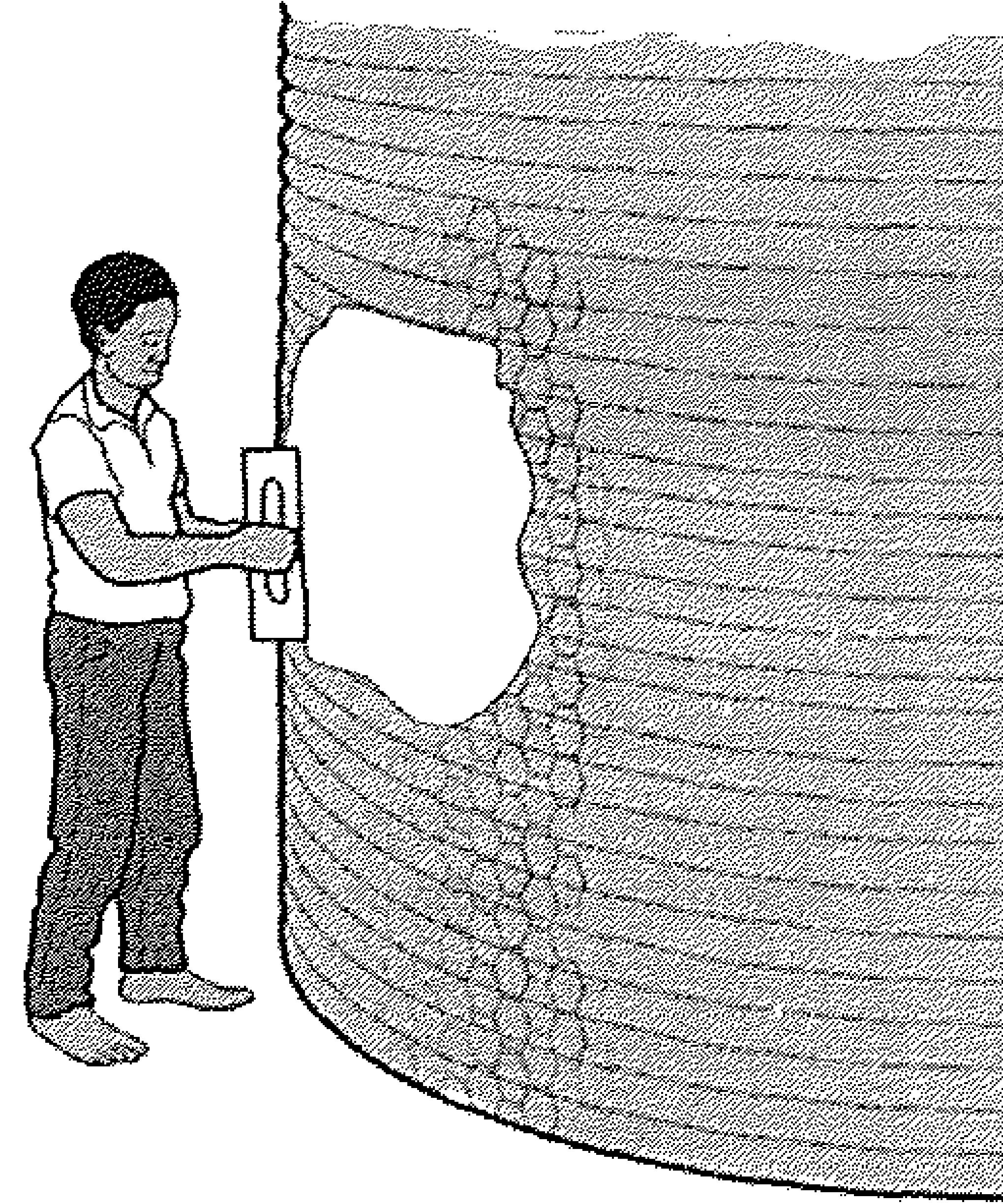
ويمكن إضافة جرار أخرى في ما بعد عندما يقتنع المالك بجدوى خزن مياه الأمطار ويصبح قادراً على دفع الكلفة.



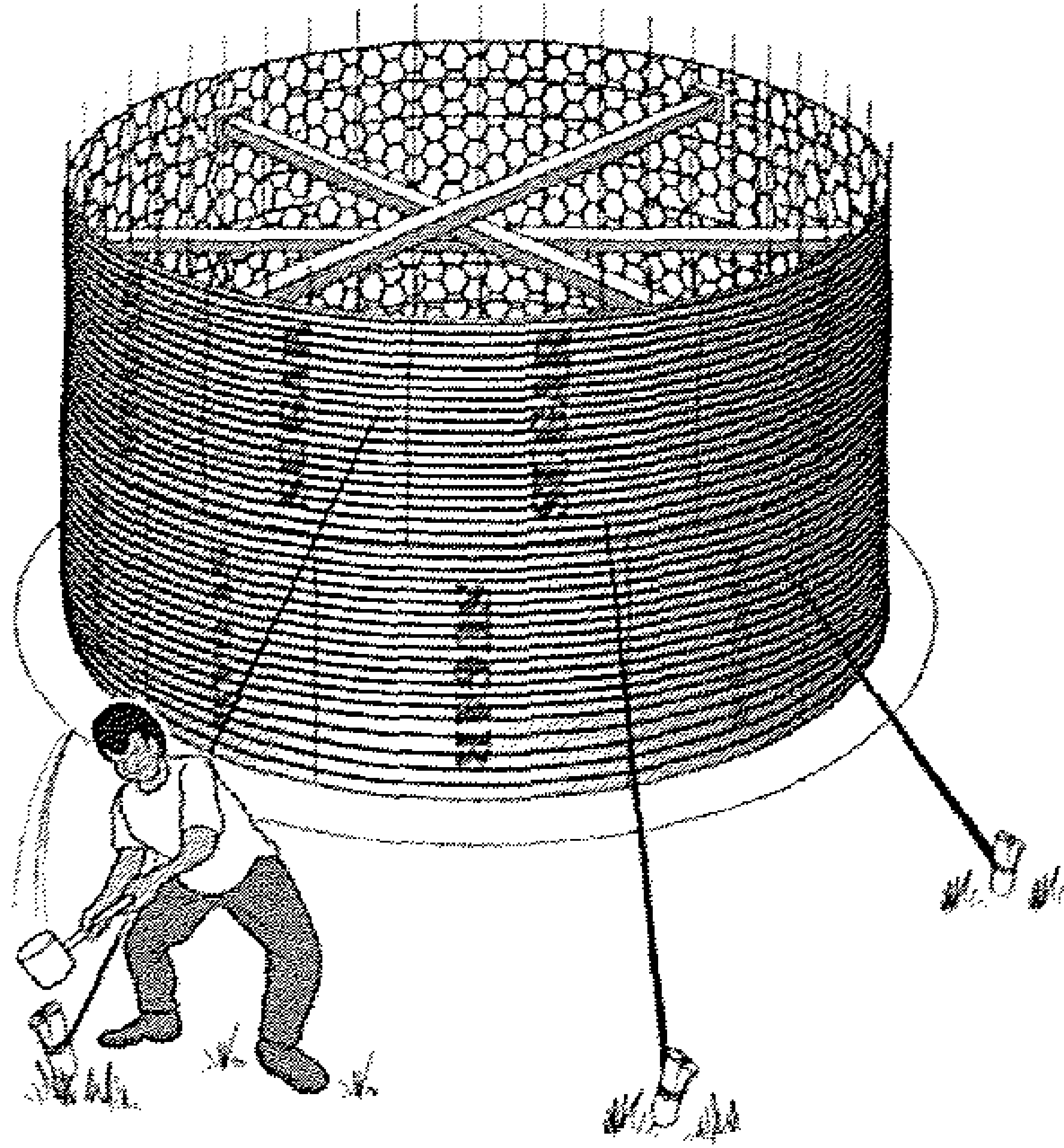
2. مشبك أقفاص الدجاج يثبت عليه الخيش أو النايلون بواسطة سلك



1. إفراد شبكة معدنية مُلحَمة ثم صبها في الأرضية، يضاف مشبك أقفاص الدجاج وأسلاك حلزونية إلى الخارج للتقوية



4. إزالة الخيش أو النايلون ودرز الخزان بالإسمنت من الخارج

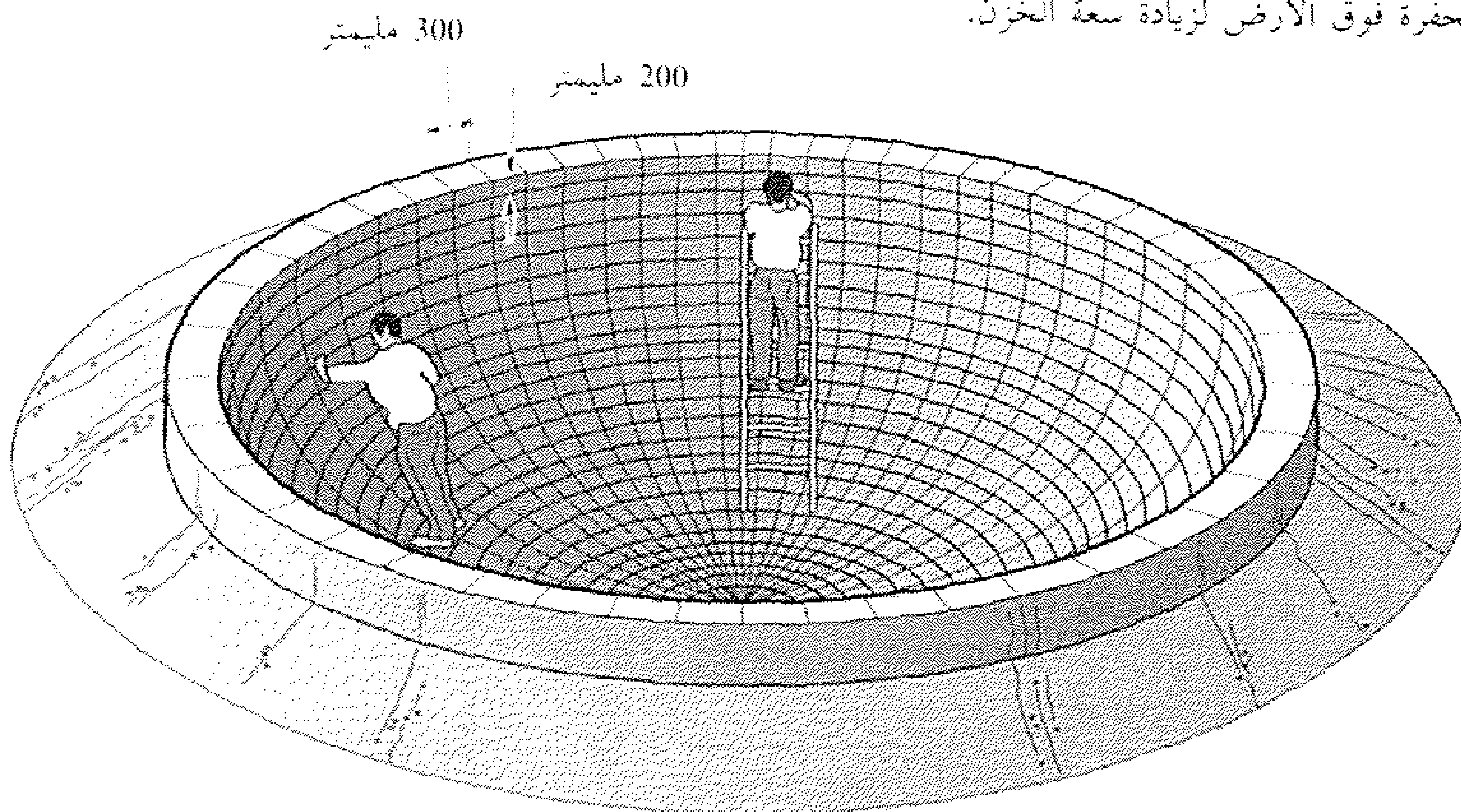


3. تثبيت التسليح بحبال وأوتاد عند الدرز الداخلي

**الشكل 53:** استخدام الجنفاص، أو الخيش، أو النايلون لعمل هيكل مؤقت يعين في تسليح الخزان.
**المصدر:** Hasse (1989).

تصنع جرار الإسمنت المسلح بعمل قالب من الحصى حول كيس معبأ بنشارة الخشب أو قشور حبوب الرز الموضوعة على قاعدة الملاط. وعندما تتصلب طبقة الملاط يفرغ الكيس ويزال. وعند إنتاج عدد من هذه الجرار سيمكن تحسين الطريقة عندئذ باستخدام قوالب مجزأة، أو خشبة منحوتة لعمل هيكل يصب عليه الجص أو الإسمنت المسلح. هذا ويتطلب أن يكون الهيكل ماصاً للماء لكي يلتصق به الملاط. لذلك يعامل الهيكل أحياناً بطبقة من الطين تترك لتجف لإعطاء القوام الناعم وقليل الامتصاص للهيكل.

فضلاً عن ذلك، فإن الطين يعمل أيضاً طبقة مانعة للانثناء لا تسمح للملاط الإسمنتي بأن يلتصق بالهيكل. ولعمل الجرار تستخدم عادة طبقتين من الملاط يجعل سماكة الجدار بحالته النهائية بين 30 و40 مليمتراً.




**الشكل 54:** تبطين حفرة خزن نصف كروية بالإسمنت المسلح.
**المصدر:** Shaw (1999).

## 4.5 ـ الخزن داخل المنزل

مع كل ما يؤخذ من إجراءات احترازية لإنتاج مياه صالحة للاستهلاك من المصدر، إلا أنها ستكون غير مجدية إذا ما تعرض الماء إلى التلوث بعدئذ. عليه، من المهم جداً حماية المياه المخزونة من التلوث بالمحافظة على نظافة حاويات الخزن المنزلية، وذلك بشطفها بانتظام بالماء المغلي، أو بغسلها بمحلول محضر من مزج جزء من القاصر مع خمسة أجزاء من الماء. كما ويجب تغطية كل حاوية بغطاء محكم لمنع دخول الضوء، والحشرات، والغبار، وغيرها من الشوائب. ومن الأفضل استخدام حاوية ذات فم ضيق بحيث يسكب منها الماء بدل أن يُجرَف بواسطة الأكواب، أو اليد. وبديلاً عن ذلك يفضل أن يؤخذ الماء من صنبور قرب قاعدة الحاوية، فإن كانت الحاوية كبيرة جداً فلا يسكب منها الماء بسهولة، ولا يمكن تركيب صنبور لها، عندئذٍ يصبح مفيداً تركيب أنبوب شفط (سايفون) لسحب الماء عند الحاجة. ولعلها فكرة جيدة أن تستخدم مغرفة ذات ذراع طويلة لأخذ ماء الشرب من الجرة أو الوعاء ثم تعليقها على حافة الجرة أو الوعاء أو داخل حامل الوعاء مع وضع غطاء لمنع تلوثها، بعد الانتهاء من استخدامها.

# الفصل السادس معالجة الماء

## 1.6 ـ مقدمة

لا تتوفر، لسوء الحظ، سيرورة بسيطة يعول عليها في معالجة المياه وتوفيرها للمجتمعات الاستهلاكية الصغيرة. ويعول دائماً على اختيار مصادر تُوفر مياه نقيّة بصورة طبيعية، ثم المحافظة عليها من التلوث، بدلاً من معالجة مياه ملوثة أصلاً.

وحيث إن المصادر النقية نادرة الوجود، عادة، لذا يجب أن تنصب الجهود على تقليل التلوث الذي يصل إلى المصدر، مما يجعل سيرورات المعالجة اللاحقة تتمحور حول هذا الهدف. ولا يسعى هذا الكتاب الصغير إلى أن يوفر معلومات كافية في مجال تصميم نظم المعالجة. وعليه، يجب الحصول على نصيحة مضافة من أحد المصادر المذكورة في ملاحق في هذا الكتاب، أو من قبل مهندس مياه مختص.

وكما تم ذكره في الجزء 4.1، يجب التعامل مع مياه الشرب على أسس صحية لاختزال إمكانية تلوثها مرة أخرى إلى الحد الأدنى. ومع ذلك، فإن توفير كمية مناسبة من مياه ليست ذات نوعية عالية جداً قد يؤدي إلى نتائج صحية فوائدها تفوق الفوائد المتوخاة من توفير كمية قليلة من مياه الشفة. فإذا كان بإمكان المجموعة المُستهلكة التمييز بين المياه المستخدمة لنواحي حياتية مختلفة، سيكون من المجدي معالجة المياه التي ستشرب أو التي تستخدم لتحضير الطعام فقط. وتكتسب هذه الفكرة أهمية مضافة عندما تتم

المعالجة على مستوى الأسرة. ويمكن أيضاً تطبيقها في حالات أخرى لاسيما عندما تنتقي المجموعة الاستهلاكية الاستمرار في استعمال المياه السطحية كمصدر لغسل الملابس وسقاية المواشي.

يبيّن الجدول 4 مراحل المعالجة الأساسية للمياه السطحية باستخدام الأنظمة التقليدية. وبعض هذه المعالجات قد لا يكون ملائماً لتجهيز مناطق نائية صغيرة وذلك لارتفاع مستوى المهارة اللازمة أو للحاجة إلى مضخات آلية، وأجهزة معقدة وكيميائيات.

وتؤخذ المعالجة في الاعتبار فقط عندما تتوفر تكاليفها وامكانية تشغيلها بصورة ملائمة. ويحدد هذه المطلبين عدد خيارات المعالجة الملائمة للمجتمعات الاستهلاكية في المناطق النائية. وتناقش أدناه الخيارات الملائمة وطريقة معالجة الماء ضمن الأسرة الواحدة وحيثما هو متاح ومتوفر.

## 2.6 ـ التصفية والترشيح

لقد تمت معالجة التصفية والترشيح فعلاً في الأجزاء 4.4.3 وبالنسبة إلى مياه الأمطار في الجزء 2.3.

**الجدول 4: مراحل معالجة المياه السطحية الأساسية**

| المرحلة | اسم الطريقة | ما الذي يحصل | أساس الطريقة |
|---|---|---|---|
| .1 | تصفية: ترشيح | إزالة المواد الصلبة الكبيرة (مثل الأوراق، أجزاء من الخشب) | فيزيائي |
| .2 | تهوية | لزيادة المحتوى الأوكسيجيني للماء فعملية أكسدة بعض المركبات الكيميائية وتحويلها الى حالة عدم الذوبان يزيل بعض مصادر الطعم والرائحة | فيزيائي |
| .3 | ترسيب: تركيد | يزيل المواد العالقة الصلبة (مثل الرمل والطين والكيميائيات غير الذاتية) | فيزيائي |

| | | | |
|---|---|---|---|
| .4 | تركيد معضد كيميائياً (يشمل استخدام المرسبات والملبدات) | تضاف كيميائيات لتركيد وإزالة المواد الفردية العالقة (مثل دقائق الطين) | كيميائي ـ فيزيائي |
| .5 | الترشيح (أشكال مختلفة، ولاسيما الترشيح السريع والبطيء ذو المرحلة أو المرحلتين | إزالة ما تبقى من الدقائق العالقة، ويقلل أو يزيل البكتيريا وغيرها من الكائنات المرضة | فيزيائي أساساً وبعضها حيوي لاسيما بالنسبة إلى الترشيح البطيء |
| .6 | التطهير (أو التعقيم) | ويعني قتل كافة البكتيريا المتبقية وكذلك بقية الكائنات الممرضة والمحافظة على الماء قبل استهلاكه | كيميائي |

**ملاحظة**: وضع هذا الجدول لتسهيل الطرائق المعتمدة في معالجة المياه. تزال الدقائق الكبيرة أولاً، ثم الأصغر فالأصغر من الدقائق العضوية وغير العضوية، اعتماداً على نوعية الماء الخام. وقد لا يتطلب استخدام مراحل المعالجات المبينة في الجدول، أو قد يقتضي استخدام طرائق بديلة أخرى غير مذكورة في الجدول.

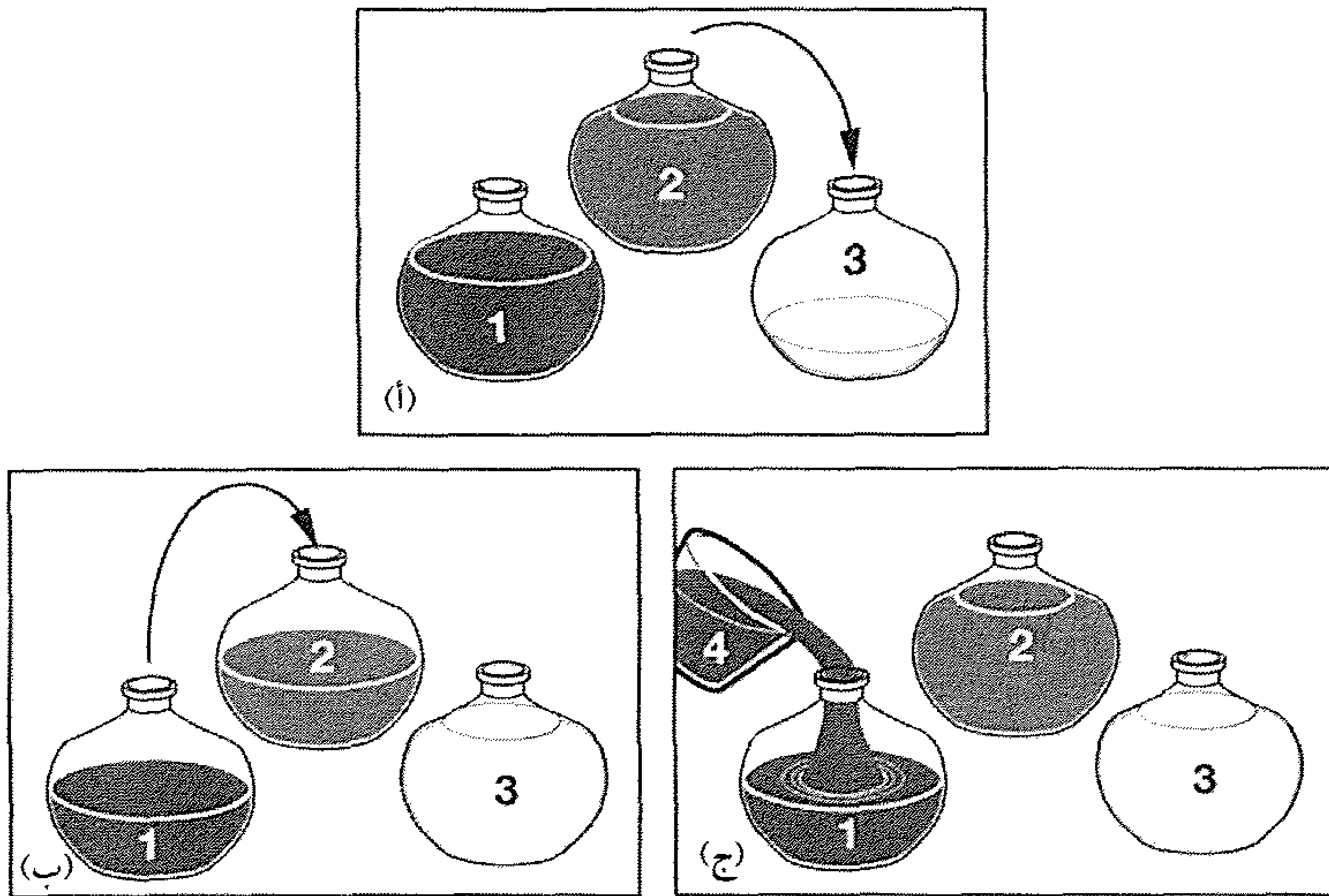
وعلى مستوى أسري، فإن إقحام ماء سطحي خلال قماش ناعم يزيل المخلوقات المائية الصغيرة الحاملة ليرقات ديدان غينيا (Guineaworm). وهذا يتطلب إبقاء القماش المستخدم نظيفاً وأن يستخدم دائماً بنفس المنوال الذي سبقه ولعل وضع إشارة كاستخدام خيط معين مخيوط على جهة واحدة يعين على تمييز تلك الجهة.

## 3.6 ـ الخزن والتركيد

يعد الخزن في خزان مغطى الطريقة الأسهل للمعالجة. فإذا تم خزن الماء لمدة يومين في الأقل ستموت الشيستوسوما (وهي يرقات صغيرة تسبب البلهارزيا). كذلك سيحتوي هذا الماء على كميات صغيرة جداً من البكتيريا وذلك لأن البكتيريا تموت تدريجياً لعدم توفر الظروف الملائمة لنموها وتكاثرها. والكائنات الممرضة (Pathogens) ومنها بعض أنواع البكتيريا تلتصق بالمواد الصلبة العالقة وتركد على قعر الخزان مما يزيد من نقاوة الماء المخزون.

وتعد طريقة الجرار الثلاث (الشكل 55) من الطرق الممكن تطبيقها على المستوى العائلي لتحسين وتسريع عملية التركيد خلال الخزن.

في صهاريج الخزن العادية كتلك المستخدمة لتحقيق المطلب اليومي من الماء، لا يبقى الماء في الصهريج لمدة طويلة ما يجعل مستوى تحسن نوعية الماء فيه محدوداً. فإذا ما أصبح مستوى الماء فيه منخفضاً، يصبح خطر إعادة تعليق المواد الصلبة الراكدة، بسبب حركة أخذ المياه، أمراً وارداً.




**ماء الشرب**: خذ دائماً من الجرة 3 فإن الماء فيها قد خزن لمدة يومين في الأقل وبذلك تحسنت النوعية. تنظف هذه الجرة دورياً أو تعقم بشطفها بماء مغلي أو ببخار عندما يؤتى بالماء إلى البيت يومياً:

(أ) اسكب ببطء الماء المخزون في الجرة 2 إلى الجرة 3، اغسل الجرة 2.

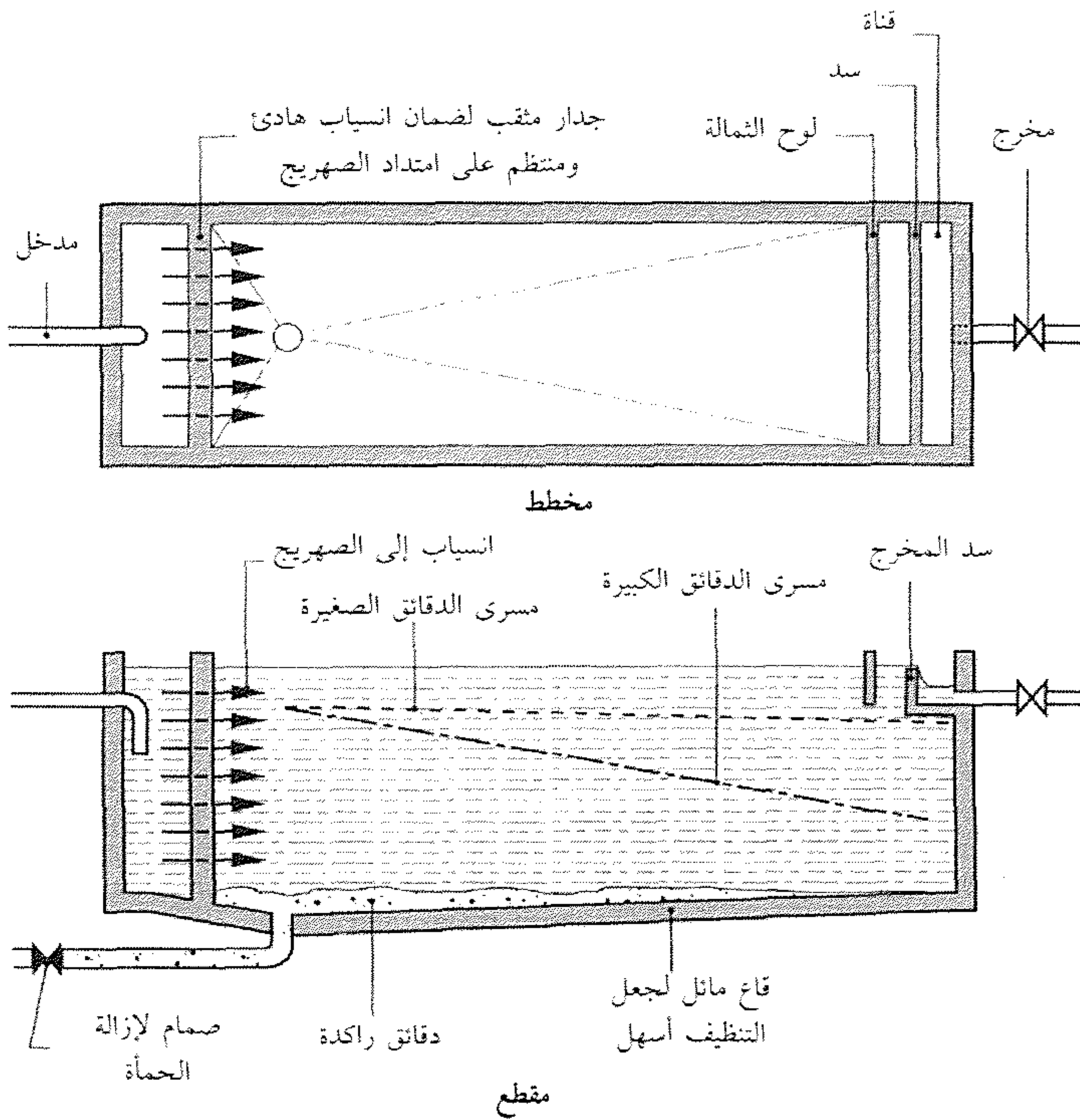
(ب) اسكب ببطء الماء المخزون في الجرة 1 إلى الجرة 2، اغسل الجرة 1.

(هـ) اسكب الماء من المصدر (السطل 4) إلى الجرة 1 ومرر الماء خلال قماش ناعم ونظيف.

استخدم أنبوباً مطاطياً مرناً لنقل الماء (بالسيفون) من جرة إلى أخرى من دون إثارة الراكد.

**الشكل 55**: نظام المعالجة بالجرار الثلاث.
**المصدر**: Shaw (1999).

فخزانات التركيد تستخدم لتوفير الظروف الملائمة لتركيد الطين وغيره من المواد الصلبة التي يحملها الماء الخام. ومع أن هذه الطريقة تزيل أيضاً الكائنات الممرضة إلا أن من المفيد إزالة المواد سهلة الاحتشاء بالمرشح باستخدام طبقة من الرمل لترشيح الماء بشكل أولي. وسوف لا يكون التركيد فعالاً ما لم يكن الصهريج مصمماً بطريقة تضمن عدم جريان الماء الداخل بشكل تيار ضيق مباشرة من المدخل إلى المخرج. لذلك فإن الصهاريج تزود عادة بحواجز داخلية لتوسيع الجريان في المدخل واستخدام معدات أو سدود لتجميع الجريان من منطقة متسعة في المخرج (الشكل 56).




الشكل 56: صهريج تركيد بسيط.
المصدر: WEDC.

فإذا لم يستخدم صهريج طويل بشكل متوازي مستطيلات، فيمكن الحصول على النتيجة عينها لدى استخدام سلسلة من الجدران أو السدود الرأسية لخلق قناة ضيقة طويلة تمتد عبر الصهريج بشكل متعرج (ZigZag) من نهاية إلى أخرى، وتكون النسبة بين العرض/ الطول في خزان التركيد تتراوح بين 1:3 و1:8. وتكون متوسط السرعة الأفقية بين 4 و36 متر/ ساعة وذلك لتعجيل التركيد (اعتماداً على طبيعة المواد الصلبة المعلقة وتصميم الصهريج).

وتتراوح نسبة معدل الانسياب خلال الصهريج إلى مساحة الصهريج بين 0.1 و$1\ m^3/m^2/hr$.

وعادة يتطلب وجود صهريجي تركيداً ليبقى أحدهما بالاستخدام عندما يتم تنظيف الآخر. وبما أن الصهريج قد صمم لمعالجة المياه السطحية الطينية والتي قد تعرضت فعلاً للتلوث، فلا حاجة لتزويده بغطاء ما لم يتوفر احتمال بأن يصبح بؤرة لتكاثر البعوض.

إذا كانت المواد الصلبة العالقة دقيقة جداً، فإنها قد لا تركد بسرعة لتحقيق هدف التصميم البسيط ويتم اختبار ذلك بترك عينة من الماء في قنينة لتركد خلال فترة ساعة، فإذا بقي الماء وسخاً بعد هذه الفترة فيتطلب إضافة كيميائيات خاصة اسمها المركدات (Coagulators) لتعمل على ترسيب هذه الدقائق. والمادة الكيميائية المستخدمة عادة هي الشب (Alum) أو كبريتات الألمنيوم (Aluminium Sulphate).

ويمكن استخراج مركد من بذور شجرة (Moringa oleifera) الموجودة في عدد من الأقطار الاستوائية. وبعد المركدات قد تحتاج إلى ملبدات (Flocculators) لتحريك الماء المعامل كيميائياً بلطف قبل أن يبدأ بالترسب والتركيد.

إن استخدام سيرورة التركيد والتلبيد على نطاق واسع أمر معقد ولا يصلح للمناطق النائية ذات المجتمع الاستهلاكي القليل؛ لذا سوف لا نتناولها مطولاً في هذا الكتاب.

ويستخدم الشب والمركد المستخرج من شجرة (Moringa Oleifera) أحياناً على مستوى العائلة، إذ يضافا إلى سطل مملوء بالماء ويتم تحريكه ببطء بعدئذٍ لخمس دقائق، في الأقل، ثم يترك من دون حراك لمدة ساعة أو أكثر لإتمام عملية التركيد.

ولعل لمرشحات المخشنة تكون فاعلة في إزالة المواد الصلبة العالقة بالمقارنة مع صهاريج التركيد البسيطة (تلك التي لا تستخدم الكيميائيات).

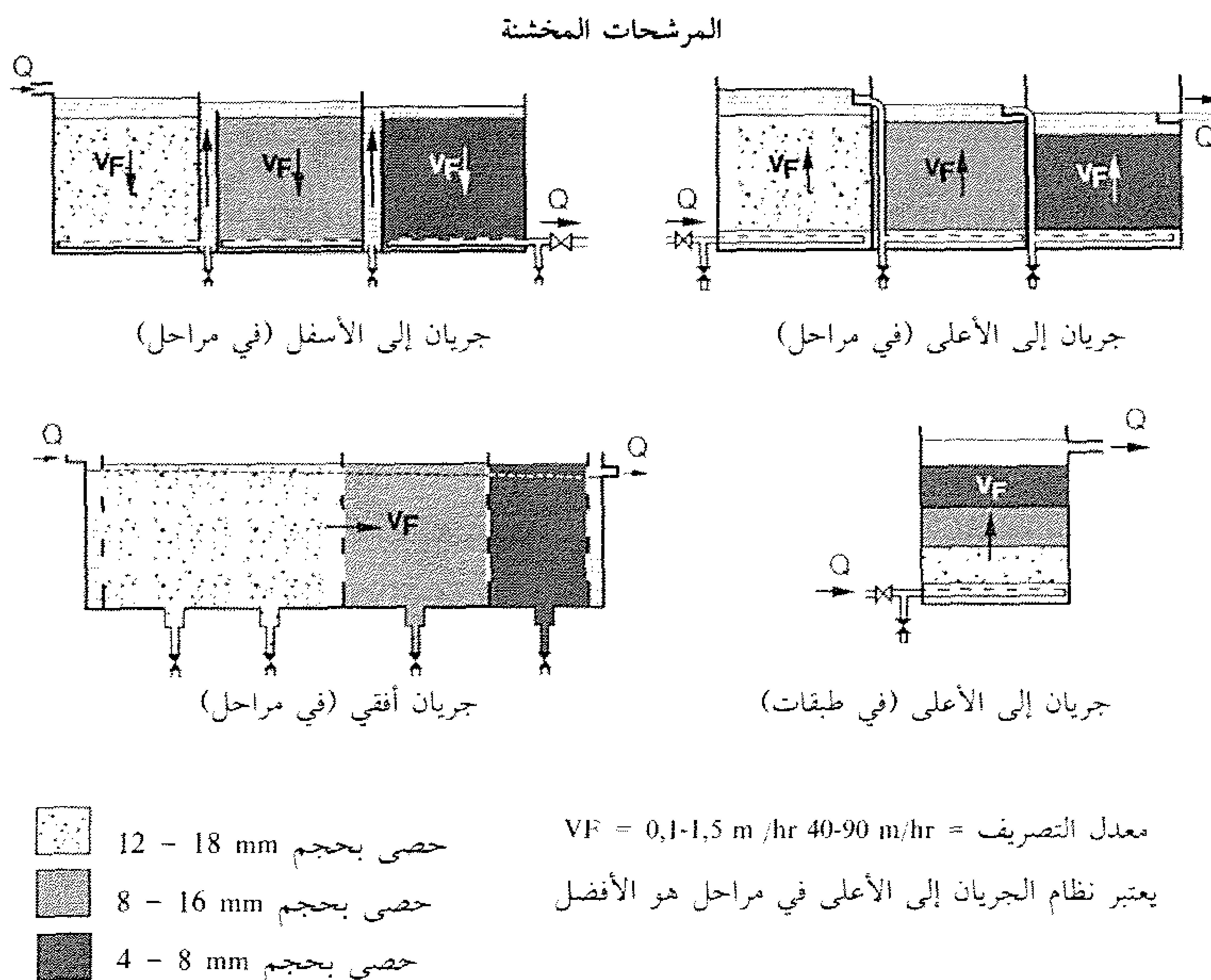
والدقائق التي يزيلها المرشح المخشن هي أصغر من المسافات البينية للصخور والحصى. عليه وبالرغم من تسميته بالمُرشَحِ (Filter) فإن المواد الصلبة العالقة لا يمكن ترشيحها.

وهذه عبارة عن نظام تركيد يمر فيه الماء خلال فتحات دقيقة بين الحصى الموضوعة في عدد من الحجرات. وكل حجرة تملأ بحجوم مختلفة من الحصى وتملأ الحجرة الأولى بالحصى الأكبر حجماً. وتركد الدقائق الصلبة على الصخور والحصى أو تنجذب إلى سطوحها.

هنالك نوعان من تصاميم المرشحات المخشنة، هما مرشحات الجريان الأفقي، ومرشحات الجريان العمودي. ويعتبر نظام الجريان إلى الأعلى (Upflow System) (الشكل 57) المكون من ثلاث حجرات تعمل بالتسلسل، من أحسن الأنواع المتوفرة.

وتنظف كل حجرة دورياً من خلال فتح مسرب كبير لتفريغ الصهريج بسرعة. وبهذه الطريقة تشطف وتزال معظم الرواسب بسبب سرعة جريان الماء خلال الفتحات. ولقد أجريت أبحاث في السنوات

الأخيرة لتعيين كفاءة أداء المرشحات المخشنة، وبذلك توفرت إرشادات حول التصميم والتشغيل مفيدة جداً (انظر الملاحق والمراجع).




الشكل 57: المرشحات المخشنة.
المصدر: Wegelin (1996).

## 4.6 ـ الترشيح

### 1.4.6 ـ مقدمة

تزيل بعض أنواع المرشحات أكثر من 99 في المئة من البكتيريا والفيروسات من الماء إذا ما استخدمت بشكل صحيح. كما وتزيل مصادر أخرى للأمراض مثل الأكياس (Cysts)، وقواقع الشيستوسوما بالإضافة إلى المواد الحبيبية الهشة كالرمل وغيره. وهكذا بإمكان هذه المرشحات أن تعالج الماء على نطاق واسع أو صغير.

وعلى نطاق عائلي، يمكن استخدام مرشح صلب مسامي (من مادة السيراميك يسمى Candle) لترشيح كميات الماء القليلة التي تحتاجها الأسرة للشرب، بدل استخدام مرشحات المواد الحبيبية. وهذه المرشحات قلما تستخدم على نطاق واسع في المناطق التي تسكنها أسر واطئة الدخل. تحتاج المرشحات السيراميكية إلى تنظيف (بالدعك) منتظم، وإلى التطهير باستخدام الماء المغلي. ويجب استبدالها في حالة حصول تشققات أو بلى بسبب الدعك مرة بعد أخرى. ويضيف بعض المصنعين مركبات الفضة إلى المرشح السيراميكي لقتل الجراثيم التي تحتك به.

في المرشح الحبيبي يستخدم الرمل كوسط للترشيح، وبالإمكان استخدام مواد أخرى بديلة مثل قشرة بذور الرز المحترقة. كما ويستخدم الفحم أحياناً لإزالة الرائحة، لكنه يمكن أن يصبح موئلاً لتكاثر البكتيريا، لذا لا ينصح باستخدامه في أنظمة المعالجة الصغيرة. ومهما كانت المادة الحبيبية المستخدمة كوسط ترشيح يجب أن تكون الدقائق نظيفة ومنتظمة في الحجم. وتحتاج الأنواع المختلفة من المرشحات إلى حجوم مختلفة من الرمال، فالترشيح السريع الذي يحصل على معدل ($5\text{-}7 m^3/m^2/hr$) يحتاج إلى رمال خشنة (حجم 0.7 - 1.0 mm). والترشيح البطيء الذي يزيل جميع البكتيريا ويجري بمعدل بين ($0.1 - 0.2\ m^3/m^2/hr$) يستخدم رمالاً أكثر نعومة (0.15 - 0.35 mm). وكلا النوعين يستخدم ارتفاعاً مناسباً للماء فوق سطح المرشح الرملي لدفع الماء بضغط التثاقل خلال الرمل إلى نظام التجميع، الذي يشمل قاع الصهريج بكامله.

### 2.4.6 ـ المرشحات الرملية السريعة

تُحتوى معظم المرشحات الرملية السريعة داخل حجرات كونكريتية مسلحة ويوفر عمق الماء فوق الرمل عادة الضغط الذي

يدفع الماء خلال الرمل. ويعد مرشح الضغط (Pressure Filter)، نوعاً خاصاً من المرشحات الرملية السريعة وفيه بدلاً من أن يحجز الرمل داخل وحدة كونكريتية مقاومة للضغط، تستخدم مضخة (وأحيانا سرياناً تثاقلياً ضاغطاً) لزيادة ضغط الماء الموجود فوق الرمل بما يسرع من معدل الترشيح.

هذا ويزيل كلا النوعين من المرشحات معظم المواد الصلبة العالقة من الماء لاسيما إذا عومل الماء مسبقاً بالكيميائيات المركدة والملبدة، ولكن الكثير من البكتيريا والفيروسات تبقى في الماء. وهذا يعني أنه لإنتاج ماء شفة مناسب لا بد أن يتبع الترشيح عملية تطهير (تعقيم)، أو باستخدام المرشح الرملي البطيء.

يحتاج المرشح الرملي السريع إلى مضخة عادة بالإضافة إلى ضاغط هواء (Air Compressor) وذلك للاجتراف الخلفي (Backwash) وتسييل (Fluidize) قعر الوحدة بصورة منتظمة، وكذلك لشطف وإزالة الشوائب المتبقية من الماء الخام. وحيث إن هذه المرشحات هي عادة أكثر تعقيداً لكي تستخدم في المجمعات الاستهلاكية الصغيرة لذلك، سوف لا نتوسع فيها أكثر.

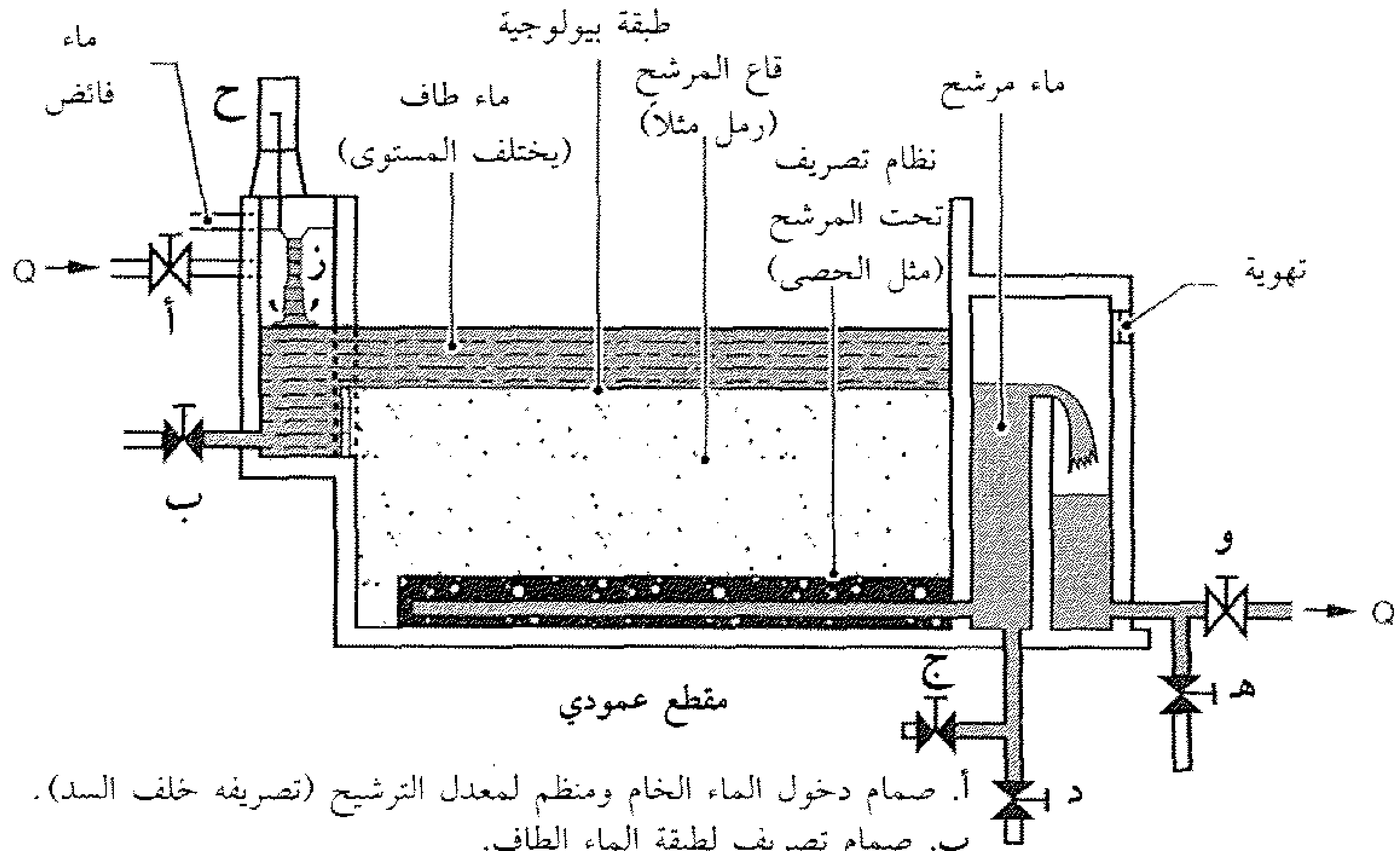
### 3.4.6 ـ المرشحات الرملية البطيئة

وهي أبسط استخداماً وإدامة من المرشحات الرملية السريعة، بالإضافة إلى أنها أكثر فاعلية في إزالة البكتيريا، وغيرها من العوامل الممرضة التي يحملها الماء، ومع أن تشغيلها لا يحتاج إلى مهارة عالية، إلا أنها بحاجة إلى عناية منتظمة من عامل صيانة مسؤول ويفهم في أداء هذه المرشحات. ويجب أيضاً أن يصمم المرشح بصورة صحيحة، ويمكن الحصول على إرشادات من مصادر مذكورة في الملاحق والمراجع.

يحتوي المرشح الرملي البطيء أساساً على حجرة كبيرة أو خزان ذي قاع مفروش بطبقة من الرمل سماكتها حوالي 0,9- 1,2 m. ويجري الماء خلال هذه الطبقة الرملية ليصل إلى القاع حيث تأخذه عدد من مسارب التصريف إلى سد تسريب (الشكل 58). يعمل المرشح من خلال الجمع بين الفعل البيولوجي والامتزاز (Adsorption) (كالمرشح المخشن) بالإضافة إلى الضغط الإجهادي (Straining). ومن خواص هذا المرشح المميزة هو ما يكونه من راكد لزج على سطح الرمل من الأعلى (والمسمى سطح شمتس (Schmutzdecke)). وعلى هذا السطح من الرواكد اللزجة تتكاثر البكتيريا والنباتات المجهرية لتكوين حشية مضغوطة من بضعة مليمترات من سطح الراشح الرملي. تتغذى الجراثيم المفيدة من الحشية وفي عمق الراشح الرملي على البكتيريا والعوامل الممرضة في الماء ما يحسن كثيراً من نوعية الماء.

إذا كان الماء المراد ترشيحه رائقاً نسبياً، فإن المرشح الرملي البطيء قد يعمل لأسابيع أو أشهر من دون صيانة أو تنظيف. أما إذا لم يكن الماء رائقاً فسيحتاج المرشح إلى تنظيف متكرر. وإذا كان الماء قذراً فالواجب تحسين نوعيته قبل إدخاله إلى المرشح. ويتم تحسين النوعية إما باستخدام صهريج تركيد أو مرشح مخشن. وإذا اقتضى الأمر، فلا بأس من استخدام مرشح الرمل السريع.

ولإنتاج ماء معالج ذي نوعية جيدة لا بد من السيطرة على معدل الجريان خلال المرشح. ويمكن تنظيم هذا الأمر يدوياً باستخدام مصراع تنظيم على المدخل (الشكل 58) أو على المخرج (غير مبين في الشكل). وتسمح ثلمة بشكل الحرف (V) (الجزء 2.6.3) على المدخل أو على سد المخرج بالإضافة إلى مقياس سرعة الجريان في قاع المرشح ليتمكن العامل المشغل من معرفة معدل الجريان خلال المرشح.




أ. صمام دخول الماء الخام ومنظم لمعدل الترشيح (تصريفه خلف السد).
ب. صمام تصريف لطبقة الماء الطاف.
جـ. صمام لإعادة ملء قاع المرشح بالماء النظيف.
د. صمام تصريف قاع المرشح والحجرة الخارجية.
هـ. صمام سكب الماء المعالج إلى المصرف الإتلافي عندما يكون المرشح بحاجة للإدامة.
و. صمام سكب الماء المعالج إلى خزان الماء الرائق.
ز. سد إدخال (المدخل).
حـ. عداد جريان مدرج.

**الشكل 58:** مكونات أساسية لمرشح الرمل البطيء ذي مدخل مسيطر على جريان الماء فيه.
**المصدر:** IRC (1987).

كما ويمكن استخدام نظام آلي ذاتي التشغيل، إلا أنه يحتاج أن يكون بسيطاً وذا وثوقية تشغيل عالية.

يتطلب تنظيف المرشح الرملي البطيء قبل أن يصبح معدل الجريان منه غير كاف لسد حاجة المجتمع الاستهلاكي حتى وإن كان مستوى الماء فوق سطح المرشح في أقصى ارتفاعه (حوالي 1.5 m). ويتضمن التنظيف تصريف الماء إلى حوالي 50 mm تحت مستوى سطح الرمل ثم كشط وإزالة شيء من السطح (10 - 20 mm). ويمكن تنظيف هذه الطبقة المكشوطة وتجفيفها بغية إعادة استخدامها. وعندما يصبح ارتفاع الرمل بعد عمليات التنظيف المتتابعة لا يزيد عن 600 mm، يجب إضافة مزيد من الرمل النظيف بارتفاع 300 mm أو

أكثر لإرجاع ارتفاع الرمل إلى سابق عهده. والطريقة التقليدية في تعويض المرشح المستهلك هي إزالة طبقة سمكها 400 mm مما تبقى من الرمل، أو بإزاحتها إلى جهة من الخزان للسماح للرمل الجديد أن يحل محلها في قعر الخزان، ثم يعوض الرمل المزاح لتكوين طبقة فوقانية. ولهذه العملية فائدة لأن الكائنات الحية المفيدة الموجودة في الرمل ستتكاثر بسرعة لتكوين الطبقة الفوقانية اللزجة.

إن نوعية الماء المرشح في نظام ترشيح جيد التشغيل تكون جيدة عادة علماً بأن الماء المرشح بعد إجراء عملية التنظيف لا يكون صالحاً للشرب إلا بعد عدة أيام تكون خلالها قد تكاملت الطبقة اللزجة. وخلال هذه الفترة يجب إعادة تدوير الماء أو التخلص منه في المصرف، وإن كان ممكناً الاستفادة منه لأغراض الشرب ولكن بعد تعقيمه (انظر الجزء 5.6).

إذا كان هنالك مرشح واحد قيد الاستخدام وأن عملية التعقيم غير ممكنة أو متاحة فمن الضروري خزن الماء المرشح عدة أيام قبل استخدامه. والأفضل استخدام أكثر من مرشح واحد لإتاحة الوقت أمام المرشحات الأخرى في توفير الحاجة من المياه المعالجة خلال فترة تنظيفه والأيام اللاحقة بها.

على المياه المعالجة بالمرشح الرملي البطيء أن لا تكون معامله بالكلور مطلقاً، وذلك لأن مخلفات الكلور الموجودة في الماء ستقتل الكائنات الحية المفيدة التي تعيش في الرمل (الجزء 2.5.6).

إن عملية بناء وتشغيل المرشح الرملي البطيء بصورة جيدة ليست بالأمر الهين. لذلك، وقبل اتخاذ القرار باستخدامه يجب الحصول على نصيحة من مهندس ري، كما إن إرشادات توجيهية تتوفر في بعض المواد المذكورة في الملاحق والمراجع في هذا الكتاب.

وتؤسس مرشحات الرمل الصغيرة للاستخدام المنزلي على ملء جزئي لبرميل زيت بالرمل. ولكن مثل هذه الطرق لا تنتج ماء ذا نوعية جيدة كمرشحات الرمل البطيئة ويعود السبب في ذلك جزئياً إلى:

- إن عمق الرمل لا يزيد عن 600 mm، عادة.
- في الغالب لا يتوفر نظام سيطرة على معدل الترشيح.
- عمق الماء فوق الرمل ليس كافياً (على سبيل المثال 0.3 m بدلاً عن 1.5 m)، مما يجعل فترات التشغيل قبل الصيانة والتنظيف قصيرة جداً. ويمكن إطالة هذه الفترات باستخدام التركيز بالطريقة المسماة بنظام الجرار الثلاث (الشكل 55)، وذلك قبل القيام بعملية الترشيح.

وعلى الرغم من عدم إزالة كل العوامل الجرثومية الممرضة، إلا أن نوعية الماء المستحصل من مرشح الماء العائلي تكون أفضل بكثير من الماء الخام. لذلك ولطالما هي مجدية، ومادام المالك ملتزماً باستخدام طريقة التشغيل الصحيحة والمتضمنة الكشط والإزالة المنتظمة لطبقة الرمل السطحية واستبدالها بطبقة جديدة، كما ذكر أعلاه، وتهيئة بدائل في حالة تنظيف هذا المرشح ولأيام عديدة تلي ذلك، فإن المرشح العائلي سيكون وسيلة جيدة وضامنة.

## 5.6 ـ التعقيم

### 1.5.6 ـ مقدمة

يقلل التطهير من عدد الجراثيم في الماء حتى لا يسبب استهلاكه في الشرب أي أمراض أو التهابات. وكلمة تطهير أو تعقيم (Disinfection) تطلق عادة على استخدام المعقمات الكيميائية في

الماء ولكن، من ناحية أخرى، فإن الأشعة فوق البنفسجية (UV)، «التي يمكن الحصول عليها من الشمس أو من مصابيح كهربائية خاصة» هي الأخرى تقتل الجراثيم، وكذلك يفعل الماء المغلي والطريقتان الأخيرتان فيزيائيتان في طبيعتهما.

إن الحاجة إلى تعقيم ماء الشرب بقتل الجراثيم الممرضة فيه كافة يجب أن تدرس بعناية. فعلى الرغم من أن مستهلكي الماء «النظيف» قد يبتلعون جراثيم ممرضة إلا أنهم قد يتعرضون إلى مزيد من هذه الجراثيم من مصادر أخرى كالطعام مثلاً. وإذا كان الأمر كذلك، فإن تحسين المستوى الصحي للمجتمع سيتحقق أكثر لو صرفت الأموال التي ستنفق على التعقيم بالكيمائيات على مشاريع وبرامج تقود إلى تغيير العادات الصحية ورفع المستوى الصحي (انظر الجزء 4.1).

إن عملية تعقيم المياه على نحو منتظم هو إجراء قلما يكون عملياً في المناطق النائية مما يوجب اعتباره مرفأً نهائياً. وكما ذكر سابقاً، إنه لمن الأفضل بكثير إيجاد مصدر غير ملوث للاستخدام بدل القيام بعمليات التنظيف والترشيح والتعقيم.

### 2.5.6 ـ التعقيم بالكيميائيات

تعقم مصادر المياه عادة بإضافة الكلور، كما وقد تستخدم مواد أخرى كغاز الأوزون لهذا الغرض. وللاستخدامات المحددة بنطاق ضيق قد يستخدم اليود وبرمنغنات البوتاسيوم. وقد نوقش في الجزء 5.3 مصادر الحصول على الكلور وطرائق تحضير المحاليل بتراكيز معينة.

للكلور القدرة على قتل البكتيريا، والشيستوسوما، وبعض الفيروسات. وعند تحضيره بتراكيز عالية (أكثر من 2 mg/l) يتمكن من

تدمير أكياس الأميبا. وهنالك خطر قليل قد يحصل من أخذ جرع زائدة ولكن هذه الجرع تجعل طعم الماء غير مستساغ وتدفع الناس إلى استخدام المياه الملوثة كبديل.

إن عملية الكلورة هي في الغالب طريقة لا يعول عليها في المجتمعات الاستهلاكية الصغيرة. ولعل السبب يعود إلى أحد المشاكل التالية أو بعضها.

● قد لا يتوفر مصدر تجهيز للكلور في المنطقة (إلا أن التطور العلمي الحديث وفر أجهزة كهربائية لإنتاج محلول هيبوكلوريت الصوديوم المخفف من التحلل الكهربائي للمحاليل الملحية الشائعة، وبذلك سهلت هذه الأجهزة كثيراً من موضوع توفير مصادر الكلور محلياً).

● تتغير شدة الكلور ومركباته مع تقادم الزمن وظروف الخزن، لذلك يجب قياس شدته بين فترة وأخرى.

● يجب تنظيم معدل استخدام المركّب بشكل صحيح لتوفير الجرعة الملائمة. ويتطلب أحياناً تغيير هذا المعدل بسبب التغير في معدل الجريان.

● يجب أن يبقى الكلور بتماس مع الماء لفترة ملائمة (فترة التلامس (Contact Time)) قبل أن يصبح الماء آمناً للاستهلاك البشري. وتبلغ هذه الفترة نمطياً 30 دقيقة.

● تختلف كميات الكلور اللازمة للتعقيم الفعال ونوعية الماء الخام. كما إن نوعية المياه السطحية تعتمد على آخر نمط لهطول المطر.

● هنالك حاجة لطريقة يعول عليها في اختيار كمية الكلور الحر

المتبقي (Free Residual Chlorine). والكلور الحر المتبقي يعني كمية الكلور التي لا تزال متاحة، بعد عملية التطهير (التعقيم)، واللازمة لقتل أي كائن ممرض قد يوجد لاحقاً في الماء المعقم.

المعروف أن الملوثات العضوية في الماء تمتص الكلور بسرعة، لذلك من المهم التأكد من وجود ما يكفي من الكلور الحر المتبقي بعد انتهاء فترة التماس المطلوبة. وتعد كمية الكلور المتبقي المقاربة لـ 0.3 mg/l (أو 0.3 جزء بالمليون من الماء) في مصدر تجميع المياه كافية للدلالة على أن الماء قد تم تعقيمه بنجاح.

وللحصول على هذه القيمة نحتاج إلى تركيز أعلى من 0.3 mg/l بكثير (وإلى 3 mg/l). وتتوفر عدة بسيطة (Kit) لقياس تركيز الكلور، ولكنها تحتاج إلى تجهيز منتظم للأقراص الكيميائية.

تستخدم الكلورة أحياناً بعد الترشيح الرملي البطيء، ليس بالضرورة بسبب الكائنات الممرضة المتبقية وإنما لخلق كلور حر متبق في الماء لحمايته من التلوثات الصغيرة وهو داخل نظام التوزيع بالأنابيب. ويستخدم قياس قيمة الكلور المتبقية في الماء المجمع من نهاية نظام التوزيع، لمراقبة حالة الشبكة الأنبوبية. ومن مخاطر التلوث الأخرى ما يمكن أن يأتي من الماء الملوث الذي قد ينساب من المفاصل غير المحكمة أو من التوصيلات غير الشرعية. وتحصل هذه الأمور عندما يكون ضغط الماء داخل الأنبوب أوطأ من ضغط الماء الجوفي خارج الأنبوب.

يجب عدم تطبيق الكلورة قبل عملية الترشيح الرملي البطيء، وذلك لأن الكلور المتبقي في الماء قد يقتل الجراثيم المفيدة في/ أو على قعر الرمل. كما لا يصح كلورة الماء القذر أو المضبب، وذلك لأن الأوساخ تمتص الكلور. كما وإن التركيد أو الترشيح قبل الكلورة

يمنع هدر الكلور. لاحظ أن القيمة الحقيقية للكلورة ستكون متدنية إذا ما أضيفت كمية غير كافية منه لغرض إنتاج ما يلزم من الكلور الحر المتبقي.

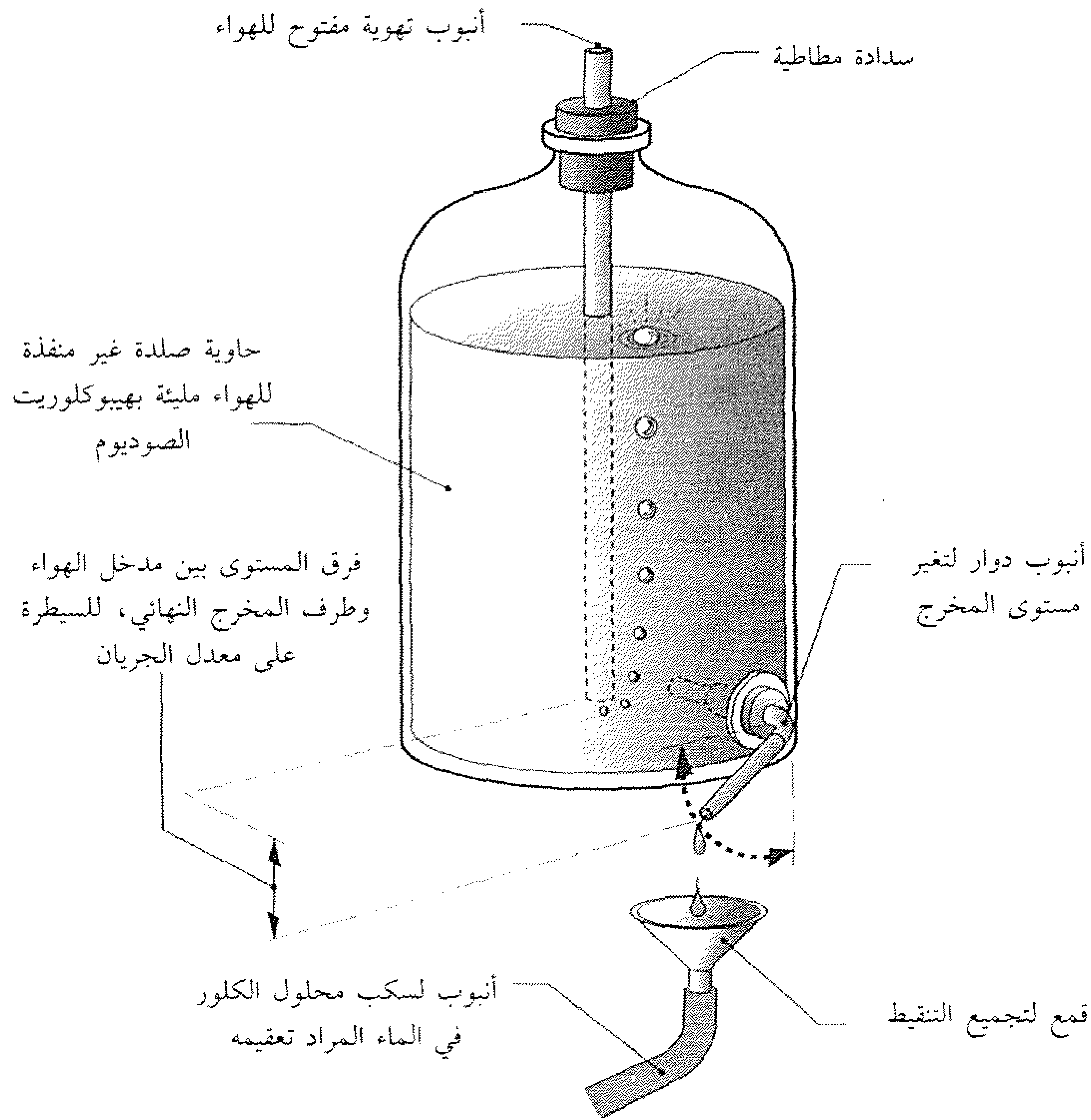
من الحكمة استشارة ذوي الخبرة حول الكلورة، فإن الاهتمام المستمر وضبط التراكيز ضروري لضمان بقاء النظام يعمل بشكل مُرضي، فليس من المنطق استخدام مُكِلور (Clorinated) لا يعول عليه. وقد بات من اليسير شراء أو تصنيع مكلور لتوزيع محلول مكلور بصورة ثابتة، في معظم البلدان النامية.

ومن الأنظمة البسيطة التي قلما تذكر في المراجع والأدبيات هي السفاطة (Aspirator) والنظام المستخدم يسمى بسفاطة الرأس الثابت (Constant Head Aspirator) (الشكل 59).

ويستخدم بعض مزاولي هذه الحرفة إناءً مسامياً (Perforated Pot) مملوءاً بخليط من مادة قاصرة مع رمل خشن ينزلونه إلى ماء البئر بغية تعريض ماء البئر إلى الكلور الناضح من الإناء بصورة تدريجية وبطيئة. وهنالك شك كبير في وثوقية هذه الأنظمة حتى وإن تم تجديد محتويات الإناء مرة كل أسبوعين.

وتتوفر أحياناً أقراص لتعقيم الماء للاستخدام العائلي ولكنها لا تكون متاحة لكل الناس من حيث الكلفة ولاسيما في المناطق الريفية النائية. والبديل المعقول يتمثل باستخدام ماء جافيل (Javel Water)، أو محلول جاهز من الكلور في الماء تركزه 1 في المئة (انظر الجزء 5.3). ولكن التحضير الصحيح أو إعداد الجرع على مستوى الأسرة قد يكون إلى حد ما صعباً أو حتى إشكالياً.

ويجب أن تستخدم ثلاث قطرات من محلول 1 في المئة كلور في الماء ويمزج جيداً في كل ليتر من الماء المراد تعقيمه ثم يسمح للماء بعدئذ الركود لفترة 30 دقيقة أو أكثر قبل استخدامه للشرب.




**الشكل 59:** سفاطة الرأس الثابت.
**المصدر:** WEDC.

وإذا كانت شدة الكلور المستخدم غير معروفة، أضف ما يكفي منه بحيث يبقى مذاقه ملحوظاً في الماء المعامل بعد فترة التماس.

ولليود فعالية مشابهة للكلور ويعمل بنفس طريقته كما ويمكن شراؤه كمحلول جاهز (Tincture) من الصيدلية بشدة مقدارها 2 في المئة. وبهذا التركيز يجب إضافته بمقدار قطرتين لكل ليتر من الماء المراد تعقيمه ثم يترك لمدة 30 دقيقة أو أكثر قبل استخدام الماء. ويبقى المحلول ملائماً للاستخدامات المتفرقة، ولكن ليس للاستخدامات المستمرة لفترة طويلة خشية أن يسبب تأثيرات جانبية.

### 3.5.6 ـ التعقيم بالطاقة الشمسية

إذا عُرّض ماء صافٍ إلى ضوء شمس قوي لفترة كافية من الزمن سيقتل الضوء كل الكائنات الحية الممرضة فيه، وذلك لأن الأشعة فوق البنفسجية المرافقة لضوء الشمس قادرة على تدمير معظم أنواع البكتيريا البرازية.

لقد تبين أن زيادة المحتوى الأوكسيجيني في الماء (على سبيل المثال من خلال تحريك القنينة نصف الملأى بالماء قبل وخلال فترة التعرض) يُسرِّع معدل قتل البكتيريا. وتزداد فاعلية سيرورة التعقيم بزيادة درجة الحرارة ولا يتطلب أن ترتفع فوق 50 درجة. ولضمان ارتفاع مفيد لدرجة الحرارة يستخدم نظام SODIS قناني نصف معتمة (Half-Blackened) تضطجع وسطحها الشفاف إلى أعلى على سطح مائل عادة. والقناني البلاستيكية المصنوعة من البوليثيلين تريفثاتاي (PET: Polythylene Terephthatate) هي الأكثر تفضيلاً ولكن الأكياس البلاستيكية المتينة تستخدم هي أيضاً.

لقد وجد في المناطق الاستوائية أن فترة التعريض الآمنة هي حوالي خمس ساعات يتوسطها وقت الزوال (منتصف النهار) تحت سماء صافية أو ملبدة بـ 50 في المئة غيوم. وتمتد هذه الفترة لتصبح نهارين متتالين إذا كان الجو ملبداً بالغيوم بالكامل. ومزيد من المعلومات حول هذه الطريقة يمكن إيجاده على موقع SODIS على الشبكة العالمية (الإنترنت)، والتي يمكن الدخول إليها خلال موقع GARNET على الشبكة العالمية المذكورة في الملحق 3. وحيث إن الناس لا يرغبون بشرب الماء وهو دافئ، يمكن حفظه مع مراعاة شروط السلامة الصحية بعد المعالجة لتبريده. ويفضل خزنه بنفس الحاوية لحين استخدامه تلافياً لتلوثه مرة أخرى عند نقله إلى حاوية أخرى.

ومن محاسن طريقة المعالجة هذه أنه وعلى الرغم من الغلي لا يتأثر طعم الماء إلا قليلاً.

ولا تستخدم بعض أنظمة المعالجة بالأشعة الشمسية الأشعة فوق البنفسجية وإنما الحرارة فقط لقتل الكائنات الممرضة. وتسمى هذه الأنظمة غالباً بمبسترات الماء بالأشعة الشمسية (Solar Water Pasteurizers). وللدقة، ولكي تحصل عملية البسترة بالدقة المطلوبة، يجب رفع درجة حرارة الماء إلى 79.4 درجة.

### 4.5.6 ـ الغليان

وغالباً ما يطرح موضوع الغليان كطريقة لتعقيم كم محدود من مياه الشرب. والتوصية النمطية لتعقيم المياه بالغليان تتحدد بتسخين الماء إلى درجة الغليان لمدة خمس دقائق في الأقل. ويعتقد الآن أن غلي الماء لهذه الفترة الطويلة ليس ضرورياً، فإن الوصول إلى درجة 100 مئوية لمدة خمس دقائق هو أكثر مما يجب لقتل الجراثيم الممرضة كافة، فغالبيتها تقتل قبل الوصول إلى 70 درجة.

من أهم مساوئ استخدام الماء المغلي في التعقيم هو كلفة الوقود الإضافية التي قد تكون عالية بالنسبة إلى قاطني المناطق النائية ممن غزاهم التصحر. وإن استخدام المزيد من النباتات والأشجار لغلي الماء يساهم في تدمير البيئة حولهم، كما إن الغليان يؤثر سلباً على طعم الماء. ولكن، الطعم يتحسن بعد تبريد الماء وتحريكه بشدة داخل الحاوية أو القنينة لتهويته. ويفضل بعض المستخدمين إضافة شيء من الملح له.

وكما هو الأمر بالنسبة إلى المياه المعقمة بالطاقة الشمسية، فإن الماء المغلي يجب خزنه وفق الشروط الصحية ريثما يبرد وحتى يتم استخدامه.

## 6.6 ـ التهوية وإزالة الحديد، والمنغنيز، والرائحة والطعم

تُبطئ التراكيز العالية للحديد والمنغنيز في المياه الجوفية في بعض المناطق طعماً للماء غير مستساغ بالإضافة إلى لون بني فاتح تتلون به الملابس بعد غسلها به، والرز بعد طبخه به. ومع أنها غير ضارة، إلا أن هذه الكيميائيات قد تعطي الماء طعماً غير مستساغ تصرف الناس عن استخدامه، ويمكن تقليل تركيز الحديد والمنغنيز وغيرهما من العوامل المغيرة للطعم والرائحة بواسطة التهوية. والتهوية تغير الحديد والمنغنيز، فلا يعودان ذائبين في الماء فيكوّنا راسباً تمكن إزالته بسهولة بطريقتي الخزن أو الترشيح.

وعلى نطاق المجتمع الاستهلاكي، يمكن تحقيق التهوية بإمرار الماء ضمن مجرى ضيق (وشل) من الحصى الجاف داخل حاوية مسامية مهواة جيداً. ويفضل في هذا الأمر استشارة مهندس ري ومياه.

أما على نطاق الأسرة فتتحقق التهوية من خلال رج أو تحريك الماء داخل حاوية (أو جليكان) نصف مملوء بالماء، يخزن بعدها الماء لفسح المجال أمام التركيد ليأخذ مجراه.

وتتوفر نباتات مزيلة للحديد والمنغنيز تستخدم التهوية متبوعة بالترشيح. وهذه النباتات جاهزة للربط بالمضخة اليدوية ولكن المجتمعات الاستهلاكية قلما تحافظ عليها فتهمل، كذلك فإن الحديد يزال عضوياً في مرشح الرمل البطيء. وفي هذه المرشحات هنالك حاجة للأوكسيجين للمحافظة على الجراثيم المفيدة في مرشح الرمل البطيء. تحتوي المياه السطحية عادة على كمية كافية من الأوكسيجين إلا أن المياه الجوفية تحتاج إلى تهوية قبل الترشيح.

## 7.6 ـ إزالة الملح

ينقى الماء المالح بطرائق متعددة وتكون أجهزة التقطير (Still) الصغيرة المعتمدة على تبخير وتكثيف الماء ملائمة للاستخدامات المنزلية. وتبقى الحاجة إلى طرائق أخرى لتحلية مياه البحر قائمة، وذلك للحاجة إلى كميات كبيرة من المياه من قبل المجتمع المستهلك، من ناحية وعدم توفر الطرق الأخرى الأبسط من ناحية أخرى.

إن الطرائق المستخدمة في تحلية مياه البحر في الدول المتطورة معقدة ومكلفة، فلا تقدر عليها الدول النامية.

وعندما تكون المياه الجوفية مالحة كما في بعض المناطق المنبسطة بالقرب من البحر، فإن هنالك أوقاتاً معينة يشح فيها الماء العذب. وفي هذه الحالة، يمكن تغطيس بئر أنبوبية عميقة أو ثقب حفر للوصول إلى الماء العذب الموجود تحته.

## 8.6 ـ إزالة الفلور

عندما يوجد الفلور بتراكيز تزيد عن 4 أجزاء بالمليون، فإن من يتناوله سيتعرض إلى ضرر طويل الأمد يصيب أسنانه وعظامه. وعادة تحذر السلطات الطبية المحلية، فيما إذا كانت المياه الجوفية لتلك المنطقة تحتوي على كمية خطيرة من الفلور. ويمكن إزالة الفلور بإضافة الجير (Lime) والشب (Alum) ويتبعهما فترة تركيد (Sedimentation). وتسمى هذه التقنية «تقنية نالغوندا» (Nalgonda Technique). وهنالك طرق أخرى منها إمرار الماء خلال أوكسيد الألمنيوم الجيبي المُفعَّل أو خلال الفحم العظمي (Bone char). وتحتاج هذه الطرق إلى توجيه خبير ومؤازرة طويلي الأمد لضمان دائم للخدمة.

## 9.6 ـ إزالة الزرنيخ

لقد وجد مؤخراً أن تراكيز مضرة من الزرنيخ موجودة في بعض المياه الجوفية في بنغلاديش، والنيبال وفييتنام وغرب البنغال في الهند، الأمر الذي يشكل مشكلة صحية عويصة. كذلك فإن تراكيز عالية من هذا العنصر قد اكتشفت في بقاع أخرى من العالم. ولا يتوفر اختبار بسيط لقياس التراكيز الواطئة والخطيرة في آن من الزرنيخ في الماء. وتجري حالياً أعمال وأبحاث لتوفير هذا الاختبار. كما، وتركز هذه الأبحاث والتقصيات أيضاً على استحداث طرائق بسيطة لتقليل تراكيز الزرنيخ إلى المستويات الآمنة.

إن معظم الطرائق الحالية لإزالة الزرنيخ تعتمد على تجهيز متوفر على الدوام من الكيميائيات كالكلور والشب (Alum)، وإن إحدى هذه الطرائق مشابهة لطريقة SODIS للتعقيم. وتستخدم طريقة إزالة الزرنيخ من الماء SORAS أيضاً قناني معرضة لضوء الشمس. ويتبع التعريض للشمس فترة تركيد للمركبات الزرنيخية الجديدة المتكونة. والماء الكافي فوق الراكد يقل فيه تركيز الزرنيخ كثيراً، في العادة.

ومن حسن الحظ أن طريقة إزالة الحديد تزيل معظم الزرنيخ في الوقت عينه فيترسب متحداً بمركبات الحديد غير الذائبة بعد التهوية. لذلك، تعمد بعض الطرائق إلى إضافة مركبات الحديد إلى الماء كجزء من عملية المعالجة.

وعندما تصبح عملية إزالة الزرنيخ من الماء غير مجدية، يبقى الماء قيد الاستخدام ولكن ليس لأغراض الطبخ والشرب.

# الفصل السابع توزيع الماء بالأنابيب

## 1.7 ـ مقدمة

من غير الممكن في هذا الكتاب الصغير عرض مزيد من الإرشادات الخاصة باختيار الأنسب من مواد الأنابيب، وأقطارها وتصاميم شبكات التزود بالماء. ولعل المساعدة تتوفر في بعض المصادر المذكورة في الملاحق والمصادر. ويبقى الاختيار الأفضل هو أن يتم الاتصال بمهندس ري أو مهندس مياه للحصول على الاستشارة.

## 2.7 ـ ربط المنزل والفناء

هنالك محاسن جمة في عمل توصيلات أنبوبية لتوزيع الماء بالأنابيب إلى كل بيت بدلاً من أن يجمع الماء من قبل السكان من نقاط تجميع متباعدة عن بعضها البعض الآخر عادة، وذلك لأن توفر الماء منزلياً يقود عادة إلى زيادة في استخدامه وإلى تحسين مستوى الصحة والأساليب الصحية بالنتيجة. وفي بعض الحالات قد يكون ضرورياً توفير المياه في المنازل (إما بشكل حنفية فناء خارج باحة المنزل أو حنفية أو أكثر داخل المنزل) للاستفادة من منافعه الحياتية والصحية.

ولكن، من ناحية أخرى يجب عدم تجهيز البيوت بالمياه ما لم تتوفر طريقة مناسبة للتخلص من المياه المستخدمة. وإذا لم يتم

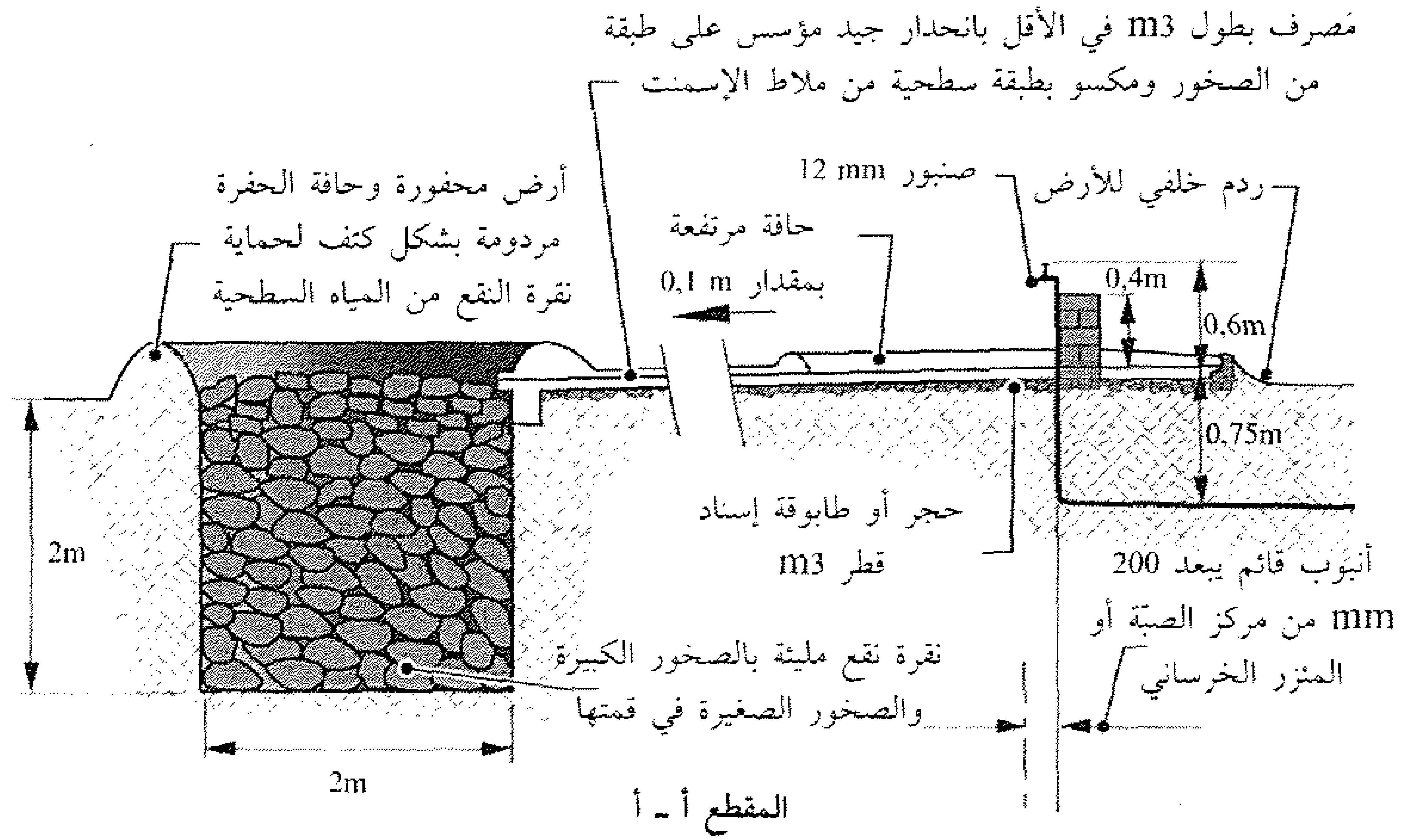
التخلص من هذه المياه بشكل جيد فإنها تسبب أخطاراً صحيةً، لزيادة تكاثر البعوض الناقل للملاريا، ناهيك بالروائح الكريهة ومنظر المياه الآسنة.

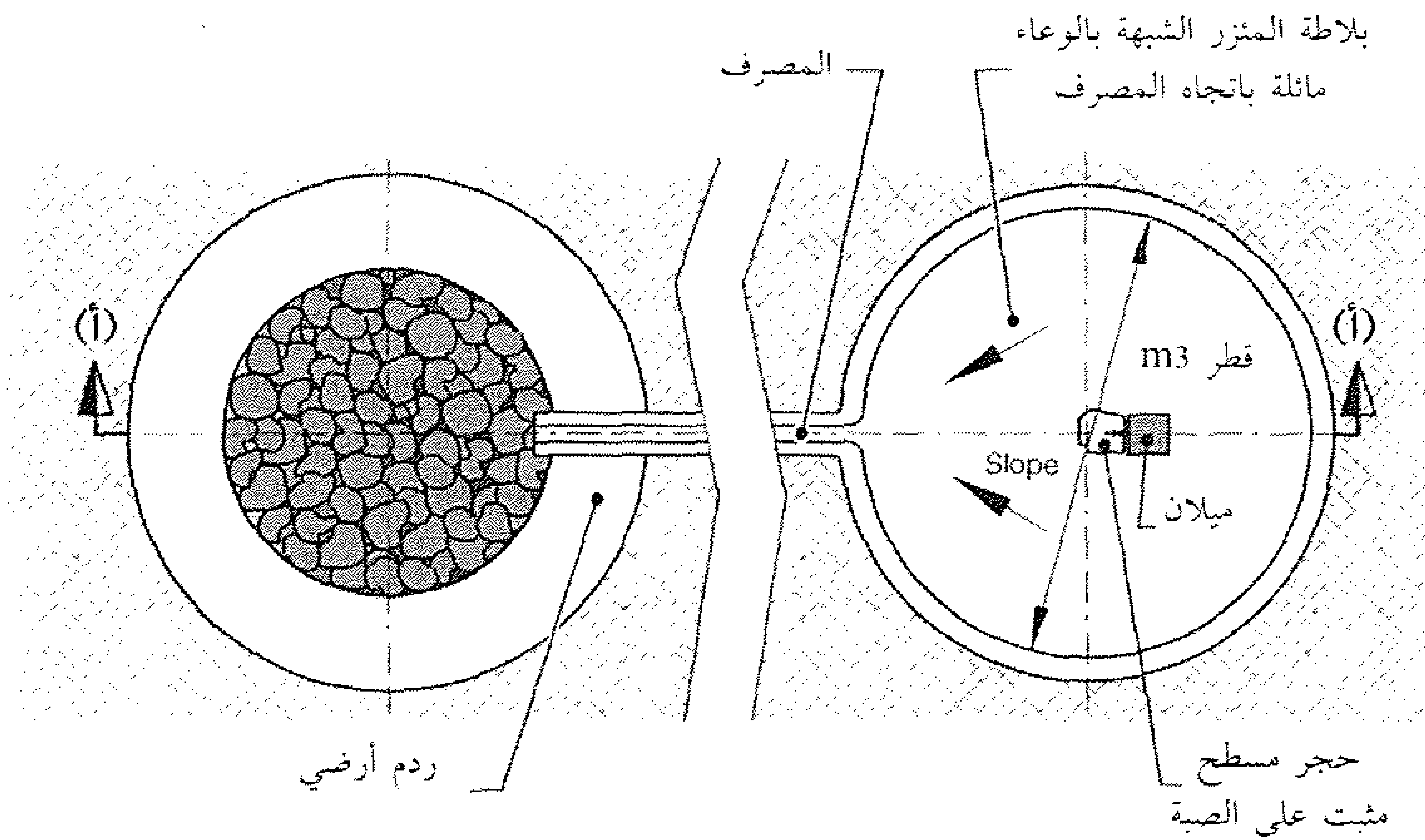
إن ربط البيوت بشبكات توزيع المياه الأنبوبية أكثر كلفة بطبيعة الحال من استخدام نقاط التوزيع العامة. علماً أن هنالك طلباً كبيراً على هذا المستوى من الخدمة، وهذا يعني أن الناس مستعدون أن يدفعوا أكثر للحصول عليها، ولو أن تحصيل كلفة الربط يمكن أن يتم بالتقسيط. أما الدفع بحسب الاستهلاك باستخدام عدادات المياه المنزلية، فإنه يمكن أن يخفض هدر المياه إلا أن استعمال العدادات قد يضيف كلفة غير محتسب لها إضافة إلى زيادة تعقيدات إدارة المشروع إلى درجة قد تصبح غير محتملة.

وحتى في حالة عدم تجهيز شبكة البيت أصلاً، فإن من الحصافة تصميم الأنابيب الرئيسة اللازمة لربط البيت بها خلال الفترة التصميمية للنظام. إلا أن ذلك لا يكون ملائماً إلا عند توفر مصدر مائي قادر على توفير المتطلبات المستقبلية من المياه.

## 3.7 ـ نقاط تجميع المياه العامة

إذا كان لا بد من تحصيل المياه من نقاط توزيع عمومية فيجب أن تكون الصنابير والهياكل السائدة متينة قوية، وأن يعمل التصميم على جعل عملية تحصيل المياه أسهل ما يمكن. ويجب أن يُشرك المستهلكون بعملية التصميم. كما ويجب أيضاً تجهيز المصدر المائي بعددٍ كافٍ من الصنابير لتجنب التزاحم في أوقات الذروة (انظر الفصل 2 من هذا الكتاب).



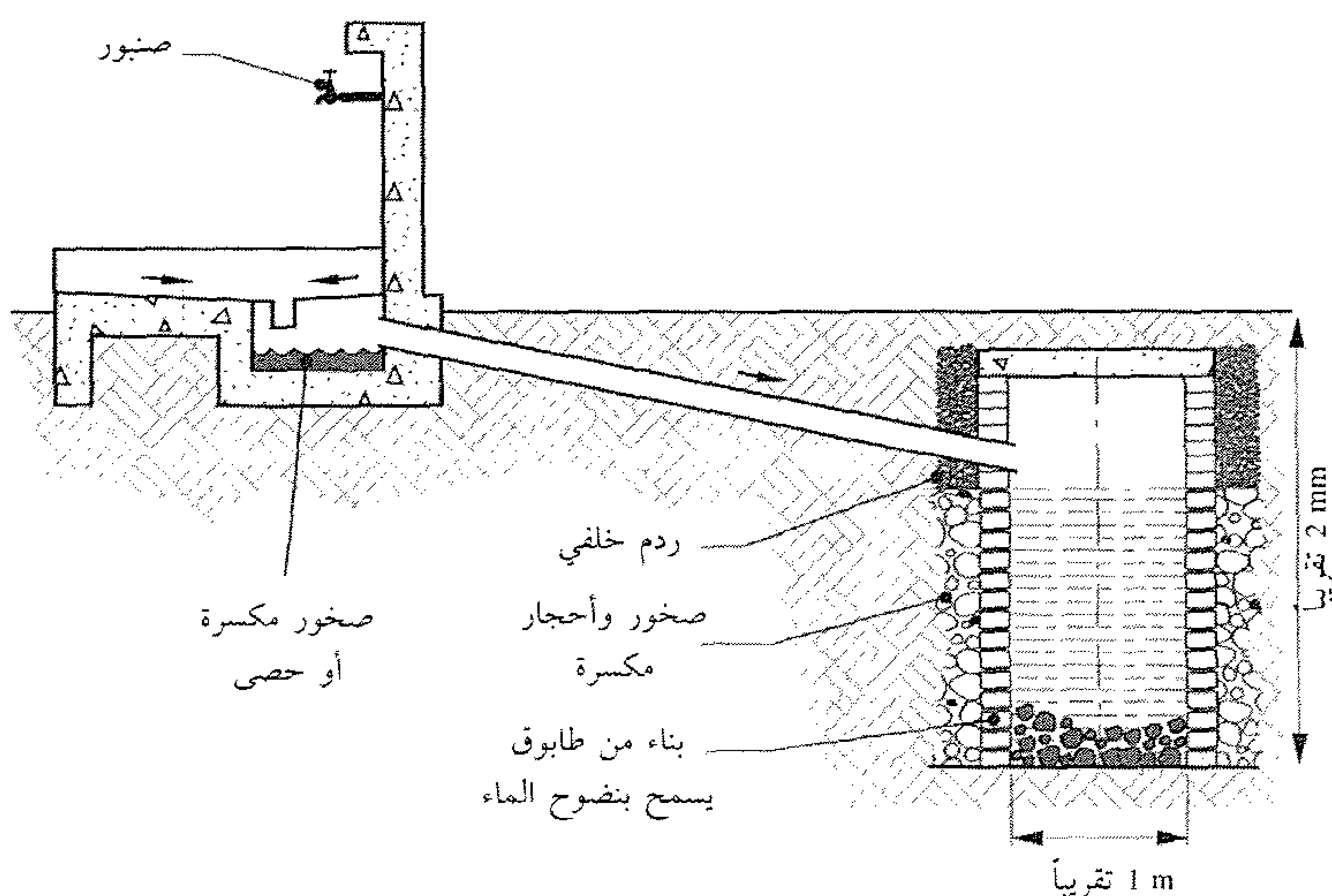

**الشكل 60:** مثال لنقرة نقع مليئة بالصخر تستخدم لتصريف الماء في نقطة توزيع عمومية.
**المصدر:** DLVW (1983).

والصنابير هي من أكثر مكونات نظام شبكة المياه الأنبوبية عرضة للكسر. عليه، يجب أن تكون من أقوى وأمتن الأنواع المتوفرة. وعلى أحدهم ممن يتزود أهله بالمياه من النقطة العمومية، وتتوفر لديه الرغبة بالاعتناء بالمصدر، أن يُزَوّد بفلكات (Washers) وأدوات احتياطية مع مفتاح ربط، وأن يُدرب على كيفية استبدال

الصنبور وإصلاح التسرب منه. إن الصنابير ذاتية الغلق (Self - Closing) والمصممة لمنع التسربات لا تكون في الأغلب ملائمة، فلا تدوم لفترة طويلة عند استخدامها في نقاط التوزيع العمومية، وذلك لأن الحبط الذي تولده هذه الصنابير يقود إلى سوء استخدام ثم تخريب متعمد. لذا يفضل إفهام المجموعة المستهلكة بأهمية غلق الصنبور بعد الحصول على الماء ريثما يصار إلى استخدام صنابير أبسط مما يسهل الحصول عليها، وتصليحها عند الحاجة.

وإذا كان هنالك مزيد من مياه تجري في جدول أو ينبوع، يستغنى حينئذ عن استخدام الصنابير. ويصبح هذا الأمر مقبولاً فقط في حالة تصريف الماء المستنفد الذي يتدفق بحرية من الأنبوب الذي تزود به نقطة التجهيز، بطريقة ملائمة، ويفضل أن تتم عبر مجرى مائي قريب. وفي حالة البقاء على استخدام الصنبور، فإن تصريف المياه المستنفدة يبقى على درجة من الأهمية، على الرغم من أن كمية الماء أقل من تلك المتدفقة من أنبوب التصريف الفائض، إذ يمكن تصريفها إلى نظام امتصاص أو نقع (Soakage System). ومن أهم الأمثلة على نظم النقع أو الامتصاص ما يسمى بحفرة النقع أو التشرب (Soakaway) (الشكل 60). فبدلاً من ملء نقرة التشرب بالصخور يمكن تركها فارغة وتبطينها ببطانة ناضحة (الشكل 61). ولكن هذه النقرة تحتاج إلى غطاء.

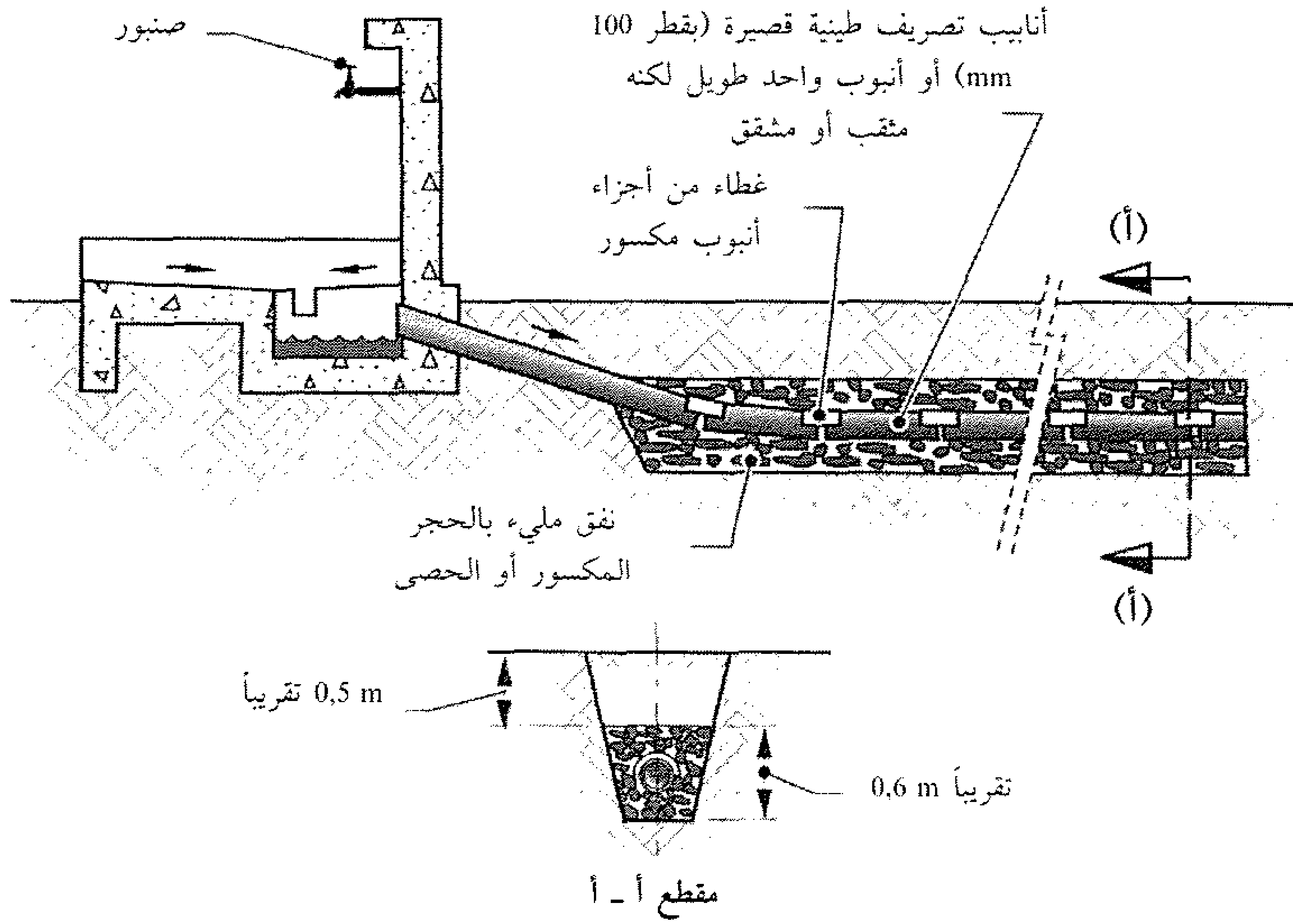
ومن البدائل الأخرى لتصريف المياه المستنفدة استخدام أنفاق نقع أو تشرب ضحلة (الشكل 62)، أو استخدام الماء المستنفد لسقي الحدائق.




**الشكل 61:** نقرة تشرب أو نقع مبطنة.
المصدر: IRC (1979).

وإذا لم يتم تصريف الماء المستنفذ بشكل صحيح فسوف تثني الأطيان المتجمعة حول نقطة التوزيع المستهلكين عن حصولهم على الماء، وتشجع البعوض والحشرات على التكاثر.

ولتخليص الناس من مهمة حمل المياه إلى البيوت قد يكون مناسباً اتخاذ إجراء احتياطي لغسل الملابس بالقرب من نقطة التوزيع، طالما أن الماء المستنفذ يمكن تصريفه بسهولة وأمان. وترغب بعض التجمعات السكانية في وجود منشآت خدمية أخرى بالقرب من نقطة التوزيع للاستحمام وتحميم الأطفال مثلاً.




الشكل 62: نفق تشرب مليء بالحجر والصخور.
المصدر: IRC (1979).

يتطلب من تصميم نقطة التوزيع أن توفر طرائق محلية كفوءة لنقل المياه. فالصنبور يجب أن يكون مرتفعاً ما فيه الكفاية فوق المنصة ليسمح بدخول الأوعية تحته. وإذا استخدمت جرار ذات قواعد مستديرة قد يتطلب وضع منخفض في المنصة لتثبيتها أثناء الملء. وإذا كانت الأوعية من النوع الذي يُحمل عادة فوق الرأس يصبح من المناسب أن تكون المنصة على ارتفاع 1.4 m فوق الأرض لتجنب عملية رفع الجرار غير الضرورية بعد ملئها بالماء. كما يجب إنشاء منصة ثابتة أوطأ من الأولى بارتفاع 0.45 m من الأرض لاستخدامها من قبل الأطفال والشيوخ.

وإذا زودت نقطة التجميع بصنبور واحد منخفض، فيمكن بناء دكة متوسطة الارتفاع ليتمكن المستهلك من وضع جرته المملوءة فوقها قبل أن يرفعها/ أو ترفعها فوق رأسه. والفكرة الأخرى هي

باستخدام نقطة تصريف عالية جداً مزودة بخرطوم قصير بحيث يتمكن المستهلك من ملء جرته وهي لا تزال فوق رأسه/ أو رأسها.

## 4.7 ـ مواد خط الاستسقاء الأنبوبي، تصميم وتوسيد

### 1.4.7 ـ مواد الأنبوب

للمحافظة على نوعية مياه الشفة، يجب استخدام الأنابيب وليس القنوات المفتوحة، لاسيما الأنابيب المعالجة ضد الصدأ. ويجب أن تكون مفاصل ربط الأنابيب محكمة وغير مُنفذة للماء، ليس فقط لتجنب الهدر وإنما لتجنب خطر التلوث الذي يكون محتملاً بأي وقت ينخفض فيه ضغط الماء في الأنبوب عن ضغط الماء الجوفي، أو ضغط الماء السطحي، أو الضغط حول الأنبوب.

هنالك أنواع من المواد المستخدمة في صناعة هذه الأنابيب، كل منها له حسناته وسيئاته مما يوجب الحصول على خبرة محلية في هذا الخصوص.

- الأنابيب المعدنية (Metal Pipes): وهي أقوى من الأنابيب البلاستيكية وأقل عرضة للربط غير الشرعي إلا أنها عرضة للتآكل. وبإمكانها مقاومة ضغط الماء الداخلي العالي من دون أن تنفجر. وإن تطلب الأمر (لاسيما في المناطق الصخرية) يمكن أن تسجى الأنابيب على سطح الأرض من دون الحاجة إلى دفنها.

- أنابيب الـ (PVC-u) تسمى غالباً (uPVC): وهي أنابيب هشة عادة، لاسيما إذا كانت معرضة لضوء الشمس القوية لعدة شهور.

- أنابيب البولي إثيلين (Polyethylene (PE) Pipes): أنابيب PE ذات الكثافة العالية HDPE وذات الكثافة المتوسطة MDPE هي الأكثر تفضيلاً، إذا كانت متوفرة. وتأتي أنابيب PE ذات الأقطار

الصغيرة بشكل لفات طويلة (100 m على سبيل المثال)، ما يقلل عدد مفاصل الربط، وبالتالي احتمالية النضح والتسرب.

تربط أنابيب PE بواسطة لحام وباستخدام لوحة تسخين بسيطة ما يوفر كلفة الروابط الجماعة (coupling) والتي تكون في الغالب من النوع المضغوط. كذلك، ومادام الأنبوب مرناً تماماً فمن السهل توسيد الأنابيب لتشكيل التواءات أو انحرافات وليس بالضرورة خطوط مستقيمة.

- أنابيب الأسبست الخرسانية (Asbestos Cement Pipes):

وهي مستخدمة في بعض الأقطار وليس هنالك خطر على الصحة من استخدام هذا النوع من الأنابيب لنقل المياه. ولكن لتجنب إطلاق نشارة الأسبست عند قطع ونشر الأنابيب في الموقع نحتاج إلى شيء من الحذر المطلوب، كأن يكون الأنبوب رطباً أثناء القطع والنشر، وكذلك دفن كل النشارة أو القطع الصغيرة المتخلفة.

### 2.4.7 ـ تصميم خط الاستسقاء الأنبوبي

يعتمد حجم الأنبوب المطلوب على:

- كمية الماء المطلوب تحميله.
- الخشونة الداخلية للأنبوب (اعتماداً على المادة المصنع منها، وإذا كان عرضة للتآكل، بالإضافة إلى عمر الأنبوب).
- الضغط المسلط على مدخل الأنبوب.
- فرق الارتفاع بين مدخل الأنبوب ومخرجه.

يسمى الضغط على أي نقطة داخل المنظومة، عندما لا يوجد دفق مائي داخل الشبكة، بالضغط السكوني (Static Pressure) في تلك النقطة. ويقاس ضغط الماء عادة بعدد أمتار الماء التي تسلط

ضغطاً رأسياً (Pressure Head)، وهو الارتفاع الذي يصله الماء داخل أنبوب عمودي تخيلي على تلك النقطة المعينة. وعليه، فإن أقصى ضغط رأسي سكوني سيكون داخل النقطة التي يكون الفرق فيها بين أعلى مستوى للماء داخل المستودع (الخزان) ومستوى التأسيس (Pipework) أقصى ما يمكن (أي أوطأ نقطة في الشبكة). ويكون الضغط في هذه النقطة في أقصاه عندما لا يوجد ماء يجري في النظام (أثناء الليل مثلاً). وفي المناطق الجبلية، قد يحتاج نظام التجهيز التثاقلي إلى أن يزود بخزان وسيط لتفتيت الضغط (Break Pressure Tank) على امتداد الشبكة. وعندئذ سيفقد أي ضغط داخل الأنبوب بالقرب من كل خزان وسينقل الضغط السكوني مع الجريان، وبالتالي أي خطر لانفجار الأنبوب. وبديلاً من هذه الطريقة يمكن استخدام أنواع مختلفة من الأنابيب حيثما يكون الضغط مرتفعاً.

عندما يندفع الماء جارياً في أنبوب يكون الضغط أقل من الضغط المتكوّن خلال حالات السكون (Static Conditions). ويعود السبب في ذلك إلى الاحتكاك بين الماء ومادة الأنبوب من الداخل.

هذا ويزداد فقد الضغط على امتداد الأنبوب مع:

- زيادة معدل الجريان.
- اختزال قطر الأنبوب.
- زيادة طول الأنبوب.
- زيادة خشونة سطح الأنبوب الداخلي.

ويبقى التحدي بالنسبة إلى المصمم أن يؤمّن ما يكفي من الضغط في كل صنبور يكفي لدفع الماء بمعدلات ملائمة للمستهلك. ويصمم النظام عادة لتأمين وفرة من المياه خلال ذروة الطلب (انظر

الفصل 2 من هذا الكتاب). والهدف هو توفير ما لا يقل عن 7 أمتار من الضغط الرأسي في الصنبور عند السكب، علماً بأن ضغطاً أقل قد يكون مقبولاً ولكن لفترات قصيرة.

وهنالك نظامان أساسيان للتوزيع (الشكل 63) هما، النظام المتفرع (Branched System) والذي يوسد على الأرض بشاكلة جذع الشجرة وتفرعات أغصانها. والنوع الثاني هو الأنشوطي أو النظام الصلد. (ويعتمد هذا النوع على شبكة متسامتة (Grid) من الأنابيب المرتبطة ببعضها).

ويصعب تصميم الطريقة الأخيرة يدوياً، ولكنها وفيرة المحاسن، لاسيما في المناطق المكتظة بالسكان. وتتضمن هذه المحاسن عموماً استقراراً في ضغط الماء المجهز، على الرغم من استخدام أنابيب ذات أقطار صغيرة، وللسهولة في فصل الأجزاء الصغيرة من المنظومة لأغراض التصليح من دون أن يؤثر ذلك على بقية النظام.

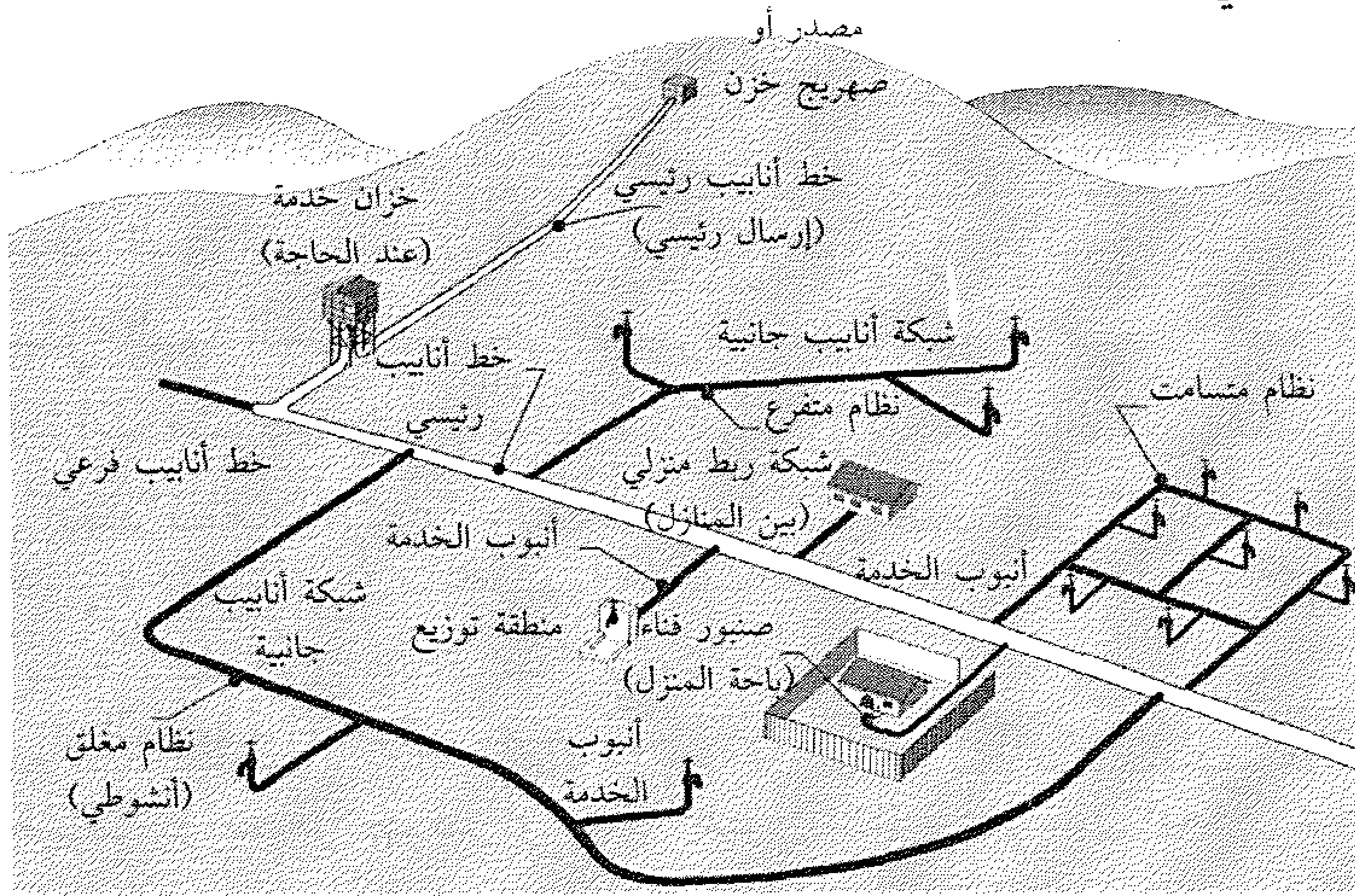
وتتوفر مناضد التصميم والرسوم البيانية والحسابات التقريبية، بالإضافة إلى برمجيات الكمبيوتر اللازمة التي تعين في اختيار قطر الأنبوب الملائم لتصميم نظام الشبكة الأنبوبية. ولكن هذا الموضوع معقد ولا يمكن تغطيته في كتابنا الموجز الحالي.

ويجب أن يسمح متوسط الجريان المختار لكل أنبوب للتوسعات المستقبلية، والزيادات في عدد السكان، والطلب للفرد الواحد خلال عمر الشبكة. وتوفر بعض المصادر في الملاحق والمراجع إرشادات مفيدة حول تصميم أنظمة الشبكات الأنبوبية.

### 3.4.7 ـ توسيد الأنبوب

تحتاج المواد المختلفة للأنابيب إلى طرائق توسيد (Laying)

وربط مختلفة. وتؤخذ احتياطات خاصة لدى توسيد الأنواع المختلفة من الأنابيب، كاستخدام كتل كونكريتية لتثبيت مفاصل الربط عند المنحنيات. والأمر يصدق تماماً في حالة الأنابيب ذات الوصلات التي تثبت بالضغط (Push - fit joint)، وحينها يؤخذ بالاعتبار رأي المصنع وإرشاداته. ومع ذلك يمكن الإشارة إلى عدد من النقاط العامة هي:




الشكل 63 مستوى التأسيس الذي يشكل نظام شبكة التوزيع.
المصدر: WEDC.

يجب توسيد الأنابيب بعمق 0.3 m من سطحه العلوي، و0.6 m أو حتى متراً تحت الطرق أو في الأماكن التي تتعرض الأرض فيها إلى الحراثة أو الانجراف. ويجب أن تخلو الأرض أو التربة الماسة للأنبوب البلاستيكي من الصخور الحادة، وأن ترص في طبقات من التربة لا تزيد سماكتها عن 100 mm وبواسطة الأرجل، أو بواسطة ضربها بجسم ثقيل مستو. إن هذا الطَرْق والرَصْ ضروريان لكي تسند التربة الأنبوب المرن بطبيعته. أما التربة الموضوعة حول الأنبوب

المعدني، فلا حاجة إلى أن تكون خالية من الصخور، ولكنها يجب أن تكون مرصوصة جيداً. ومن الناحية النموذجية يجب أن ترص التربة التي تملأ النفق الذي يتوسده الأنبوب، ولاسيما في المناطق المائلة أو على كتف المنحنيات. وتعمل هذه الطريقة على تقليل الانخساف (Settlement) ومنع الردم الخلفي للتربة من أن ينجرف بالمياه السطحية، ويجب أن تردم التربة فوق المستوى السطحي، وأن تبنى لتكوين متراس صغير يعوض عن أي انخساف للردم الخلفي الذي يمكن أن يحصل مستقبلاً. فإذا كان الرص ضعيفاً، أو عندما يحذف المتراس تتكون حفرة في الأرض فوق الأنبوب سرعان ما يتسلل إليها الماء السطحي فيجرف التربة. وإذا وضعت قطع من شجيرات مشوكة فوق تراب الردم المغطي للقناة، فإن ذلك سيساعد في إبعاد قطعان الماعز ويشجع على نمو الحشائش لتحافظ على التربة من الانجراف.

والطريقة الأخرى لمنع تآكل القناة هي بوضع جذوع أشجار صغيرة، أو بحفر حرف أو حافة عبر القناة وعلى مسافات معينة. تعمل هذه على تسرب الماء السطحي إلى إحدى الجهتين، بدلاً من أن يستمرْ داخل النفق فيأكل تراب الردم.

ويجب استخدام أنابيب معدنية إذا تعذر دفن الأنابيب تحت الأرض. ومع ذلك، فإن هذه الأنابيب تبقى بحاجة إلى حماية، لاسيما إذا كانت متوسدة في مناطق توجد فيها حيوانات أو ضوارٍ. وأحد طرق الحماية تتم بإحاطة الأنبوب بصخور أو أحجار. وإذا توفرت أنابيب بلاستيكية فقط، فيجب توسيدها داخل سدة ترابية ذات جوانب مائلة بلطف. وفي بعض الحالات يجب حماية الأنابيب في الارتفاعات العالية من التجمد.

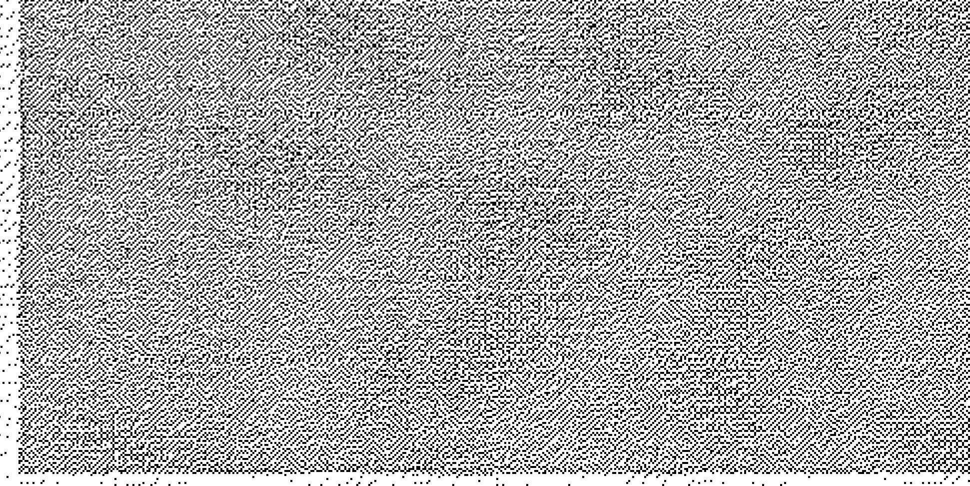
قد نحتاج إلى مصاريع أو صمامات في النقاط العالية لتفريغ

الهواء أو إدخاله. فإذا كان أنبوب الخدمة سيستخدم بكثرة فيجب ربطه إلى الأنبوب الرئيس في نقطة عالية لتنفيس أي هواء موجود. وبهذه الطريقة يمكن تقليص الكلفة ومشاكل الصيانة المتعلقة بصمامات الهواء.

وقد نحتاج إلى صمام تفريغ في النقاط الواطئة لتصريف أجزاء من الأنبوب أثناء القيام بأعمال التصليحات، أو لدى رحض (Flush out) المواد الصلبة التي قد تتسرب في الأنبوب. كذلك، يجب توفير صمامات في نقاط ملائمة للسماح بأجزاء من الأنبوب أن تعزل لأغراض التصليح أو لأعمال التمديدات.

وفي النهاية، يجب أن يفحص الخط الأنبوبي مرة كل سنة، في الأقل، للكشف عن التسربات أو التآكل. وسيكون الأمر سهلاً إذا ما علم مسار الأنبوب بواسطة قلم تعليم ثابت أو دائمي. فإذا كان الأنبوب موسداً بالقرب من ممرات المشاة أو الأرصفة، فسوف تكتشف التسربات بسرعة مقارنة مع الأنابيب التي تأخذ مسالك بعيدة أو منعزلة.

# الملحق 1



## إسناد ترافقي إلى كتب ومراجع أخرى

صمّم هذا الملحق لمساعدة المستخدم على اختيار المصدر الأنسب للحصول على معلومات إضافية تخص المواضيع التي تناولها هذا الكتاب، من بين ستة كتب مرجعية محكمة (مدرجة في صدر فصل مآخذ الدراسة وثبت المراجع). وإذا قصّرت هذه الكتب في تغطية الموضوع المطلوب بصورة جيدة ستظهر في الجدول كتب ومراجع أخرى بديلة. وحيثما تكون المعلومات ذات الصلة قليلة أو محدودة الفائدة تظهر أرقام الصفحات بحروف مائلة.

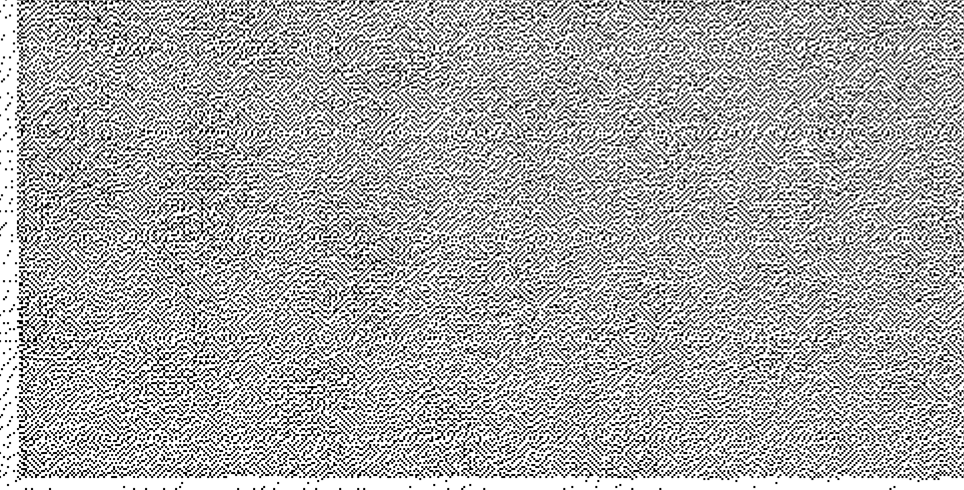
على القراء ملاحظة أن المختصرات التقنية (Technical Briefs) 64 ـ 33 موجودة في الشبكة العالمية (الإنترنت) في الموقع: http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/technical - briefs.htm.

| المواضيع | رقم المختصر التقني (الملحق 2) | أرقام الصفحات ذات العلاقة في الكتب المحكمة الستة (لاحظ بداية المراجع وثبت المراجع) Smet & van Wijk (2002) | Jordan (1984) | Cairncross & Feachem (1983) | watt & Wood (1979) | مراجع أخرى مفيدة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **المواضيع المهمة التي لم تبحث جيداً في هذا الكتاب** | | | | | | |
| التخطيط والإدارة، والعوامل المرافقة الاجتماعية، والمالية والمصادر البشرية، والعوامل المؤسساتية | 55 | 16- 45, 80-99<br>21-23, 29-35 | 2-7, 15 | 47-61<br>50 | 39-49 | Well (1998), Dayal, Van Wijk & Mukherjee (2000) |
| **المواضيع المطروقة في هذا الكتاب** (فقط الأجزاء التي لها ما يناظرها في الكتب المحكمة الستة) | | | | | | |
| 1 ـ مقدمــة | | | | | | |
| 2.1 ـ الأسلوب التزايدي | | 472-473 | | | | |
| 3.1 ـ أهمية الإقحام التام للمجتمع | 30 | 16-45 | | 56-58 | | IRC (1991), Dayal, van Wijk & Mukherjee (2000) |
| 4.1 ـ أهمية النظافة والناحية الصحية | 17, 19, 25, 32,<br>50, 51 | 16-19, 29 | | 1-27, 52-53,<br>59-60 | 28-38 | Almedom (1997)<br>Boot (1991) |
| 2 ـ سعة التصميم وأهليته | | 62-67,<br>473-481 | 27-29 | 52-53 | | |
| 3 ـ مصادر الماء | 7, 49 | | | | | |
| 1.1.3 ـ المصادر الرئيسة | 55 | | 7-8 | | | |
| 2.1.3 ـ تقرير نوعية المياه | 18, 20, 50, 52 | 67-77<br>*145-146,*<br>*157-159,*<br>560-565 | 13 | 29-35, 41 | *28-38* | Lloyd and Helmer (1991) |
| 2.3 ـ مياه الأمطار | 11 | 130-149 | | | | Gould and Nissen-Petersen (1999) |
| 3.3 ـ المياه الجوفية | | *102-127,*<br>152-167,<br>200-250,<br>568-579 | | | | Price (1996) |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.3.3 ـ مقدمة في المياه الجوفية وطرائق الوصول إليها** | | 200-250, 568-579 | | 63-73 | 15-19 | |
| **2.3.3 ـ الينابيع** | 3, 34 | 152-167, 550-552 | 78-79, 106-108, 112-119 | 65-67 | | |
| **3.3.3 ـ ثقوب الحفر والآبار الأنبوبية** | | 211, 226-250, 552-553 | | 67-69 | | |
| ثقب الحفر اليدوي | 5, 43 | 230-234 | | | | Morgan (1990) Pages 46-57 |
| ثقب الحفر المحفور آلياً | 43 | 236-248 | | | | |
| الآبار الأنبوبية المساقة | | 227-230 | | | | |
| الآبار الأنبوبية المغطسة بدون ضق | 43 | 230-232 | | | | |
| طريقة الحمأة في تكوين البئر الأنبوبية | 43 | 234-235 | | | | |
| **4.3.3 ـ الآبار المحفورة يدوياً** | 4, 39 | 217-225 | | 70-74 | 1-235 | |
| **4.3 ـ المياه السطحية** | *22, 47, 48* | 252-263 | 99-101 108-112 | | | |
| **2.4.3 ـ ترشيح المياه السطحية** | *47* | 209, 215-217, 340-341 | | | | |
| سراديب الترشيح | | | | | | |
| سدود الرمل وسدود المياه الجوفية | 24 | 122-124 | | | | Nilsson (1988) |
| **4.4.3 ـ المسارب إلى النهر أو البركة** | 22, 47 | 252-262, 542-543 | | | | |
| **5.3 ـ التطهير بعد التشييد** | 46 | | | | 99-100 | |
| **6.3 ـ تدقيق إنتاجية المصدر** | | | 8-13 | | | |
| **1.6.3 ـ الإنتاجية الآمنة للبئر أو لثقب الحفر** | | *208, 210-214* | | | | |
| **2.6.3 ـ قياس معدل الجريان** | 27 | *158-159* | | | | |
| **4 ـ رفع المياه** | | 170-198 | | | 207-214 | Fraenkel (1997) |
| **2.4 ـ أنظمة رفع المياه بالقدرة البشرية** | | 170-171, 175-187, 190 | | 74-80 | | IRC (1988) |

| المواضيع | رقم المختصر التقني (الملحق 2) | أرقام الصفحات ذات العلاقة في الكتب المحكمة الستة (لاحظ بداية المراجع وثبت المراجع) | | | | مراجع أخرى مفيدة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Smet X van Wijk (2002) | Jardan (1984) | Cairncross &Feachen (1983) | watt& Wood (1979) | |
| 1.2.4 ـ الوسائل اليدوية باستخدام الدلاء | | | | | 30-35, 93-98, 103 | Morgan (1990) pages 36-45, 69-108 |
| 2.2.4 ـ المضخات التي تدار بقوة الإنسان | 13, 33, 35, 41 | | | | | IRC (1988) |
| المضخات اليدوية ترددية المكبس | | 175-183 | | | | |
| أنوع أخرى من المضخات اليدوية والمضخات المدارة بالقدم | | 184-186, 190 | | | | |
| 3.4 ـ المضخات المدارة بقوة الرياح | | 171-172 | | 77 | 212-214 | Fraenkel et al (1993) |
| 4.4 ـ المضخات المسيرة بالطاقة المائية | | 194-196 | 154-157 | 77 | | Fraenkel (1997) |
| 5.4 ـ المضخات المشغلة بالمحرك أو الموتور | | 175-178, 186-194, 454-460 | | 77-79 | | Fraenkel (1997), Barlow et al (1993) |
| 1.5.4 ـ أنواع المضخات الآلية | | 176-177, 186-194 | | | | |
| 2.5.4 ـ حدود المص، والشحن | | 179, 255-256 | | | | |
| 3.5.4 ـ مصادر طاقة المضخات الآلية | | 170-174, 190-194 | | | | |
| 4.5.4 ـ مصونية الأنظمة الآلية | | 170-174 | | | | |
| 5 ـ الخزن | *11*, 14 | 473-477, 136-144 | | 79-81 | | |
| 2.5 ـ السدود | 48 | 121-125, 259-260 | | | | Nelson (1985) |
| 3.5 ـ خزانات أو (صهاريج) الخزن | | 471-481, 132-144 | 124-139 | | | Gould and Nissen-Petersen (1999) |
| 3.3.5 ـ صهاريج الإسمنت الحديدية (أو الإسمنت المُسلّح) | 36, 56 | *141* | 176-177 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.3.5 ـ جرار الإسمنت المُسلّح | 1 | | | | | |
| 4.5 ـ الخزن داخل المنزل | 1 | | | | | |
| 6 ـ معالجة الماء | 58, 59 | 266-439, 500-531, 546-549 | 152-153 | 81-85, 89-106 | | Schulz and Okun (1984) |
| 2.6 ـ التصفية والترشيح | *22, 47, 58* | 261-262, 542-543 | 102,179-180 | | | |
| 3.6 ـ الخزن والتركيد | *58, 60* | *296-312,* 314-326, 342, 544-546 | 114-119 *124-139* | 81-82, 90-92 | | IRC (1998) (For Information on roughing filters) |
| 4.6 ـ الترشيح | | | | 81, 91-94 | | |
| 2.4.6 ـ المرشحات الرملية السريعة. | | 360-389, 546-548 | | | | IRC (1998) |
| 3.4.6 ـ المرشحات الرملية البطيئة | 15, 21 | 328-358, 546-548 | 152 | | | IRC (1998) |
| 5.6 ـ التعقيم | 46, 58 | 412-439 | 81-84, 94-102 | | | |
| 2.5.6 ـ التعقيم بالكيميائيات | | 417-439, 548, *554* | | 36-38 99-100 | | |
| 3.5.6 ـ التعقيم بالطاقة الشمسية | | 413-414 | | | | |
| 4.5.6 ـ الغليان | | 413 | | | | |
| 6.6 ـ التهوية وإزالة الحديد، والمنغنيز والرائحة والطعم | 58, 59 | 286-293 | 153 | 84-85 | *34-36* | |
| 7.6 ـ إزالة الملح | 40 | 392-410 | | | | |
| 7 ـ توزيع الماء بالأنابيب | | 442-497 100-106 | 1-224 | 86-87, | | |
| 2.7 ـ ربط المنزل والفناء | | 469 | | 86 | | |
| 3.7 ـ نقاط تجميع المياه العامة | 26 | 469-472,549 | 140-146 | 86-87 | | |
| 4.7 ـ مواد خط الاستسقاء الأنبوبي، تصميم وتوسيد | 29 | 458-497 | 1-224 | | | |



# الملحق 2

## مختصرات تقنية وثيقة الصلة بالإمداد المائي ومواضيع ذات علاقة

نشرت هذه المختصرات أصلاً وبشكل منفرد في مجلة *Waterlines* وهي تنشر الآن إما في بيكفورد (1999) (Pickford) أو شو (Shaw) (1999). ويمكن إنزال المختصرات من 33 فما فوق حتى موقع WELL (انظر الملحق 3). يتضمن كل مختصر ملخصاً من أربع صفحات لموضوع معيّن لتعزيز مصادر المعرفة والمعلومات.

## المختصرات التقنية المرتبطة

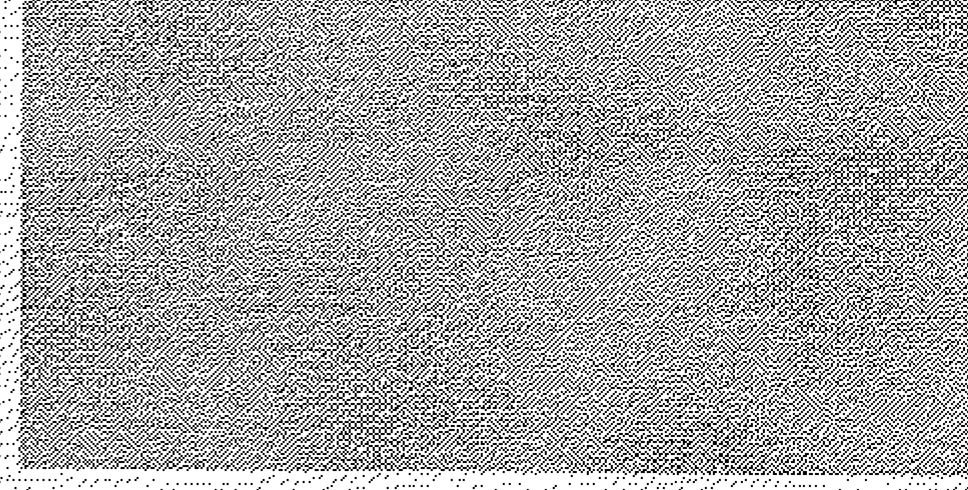
| الرقم | العنوان | (الأرقام المائلة ذات صلة أقل بالموضوع) |
|---|---|---|
| | **واردة في بيكفورد (1991)** | |
| 1 | خزن المياه منزلياً | 11, 14, 36, 56 |
| 3 | حماية الينبوع أو الجدول | 34 |
| 4 | تغليف بئر محفورة يدوياً | 39 |
| 5 | جهاز ترشيح في بئر أنبوبية من قصب البامبو المشقق | *43* |
| 7 | دورة الماء | 11 |
| | الاستمطار | 1, 14, 36, 56 |
| 13 | مضخات يدوية | 33, 35, 41 |
| 14 | مخازن مياه أمطار فوق أرضية | 11, 36, 56 |

| | | |
|---|---|---|
| 15 | تصميم مرشح رمل بطيء(1) | 21, *1, 11, 15, 21, 47* |
| 17 | الصحة، الماء والنظافة (1) | 19, *25, 50, 51* |
| 18 | اختبار الماء | 20 |
| 19 | الصحة، الماء والنظافة (2) | 17, *25, 50, 51* |
| 20 | اعتيان الماء | 18 |
| 21 | مرشحات الرمل البطيئة (2) | 15, *1, 11, 15, 21, 47* |
| 22 | مسارب من الأنهر | *47* |
| 24 | سدود المياه الجوفية | |
| 25 | أمراض العين والجلد | *17, 19* |
| 26 | علامات رملية عامة | *32* |
| 27 | تقدير وقياس الدفق أو القرب | *3, 34* |
| 29 | تصميم شبكة أنابيب بسيطة | *44* |
| 30 | إدارة اجتماعية | |
| 32 | تصريف أو نزح لتحسين الصحة | *26* |

**وارد في شو (1999)**

| | | |
|---|---|---|
| 33 | إدامة المضخات اليدوية | 13, 35, 41 |
| 34 | حماية الينابيع، بديلاً عن صناديق الينبوع | 3 |
| 35 | مضخات الري قليلة الرفع | 13, 33, 41 |
| 36 | مخازن المياه من الإسمنت المسلح | 11, 14, 56 |
| 39 | ترقية الآبار التقليدية | 4 |
| 40 | إزالة الملوحة | *58, 59* |
| 41 | مضخات VLOM | 13, 33, 35 |
| 43 | طرائق الحفر البسيطة | 5 |
| 44 | تجهيز المياه عند الطوارئ | 62 |
| 46 | الكلورة | *58, 59* |
| 47 | تحسين مياه البركة | *22, 58, 59* |
| 48 | السدود الترابية الصغيرة | 47 |
| 49 | اختيار التقنية الملائمة | 55 |
| 50 | الكشف عن النظافة | *17, 19, 51* |

| الرقم | العنوان | (الأرقام المائلة ذات صلة أقل بالموضوع) |
|---|---|---|
| 51 | فهم نظافة الماء ومستواه الصحي | *17, 19, 50* |
| 52 | الماء ـ كمية أم نوعية | *17, 19* |
| 55 | اختيار المصدر | 49 |
| 56 | خزانات الماء المدفونة ونصف الغاطسة | *11, 14, 36* |
| 58 | المعالجة المنزلية للماء 1 | 59, *11, 15, 21, 40, 47, 60, 65* |
| 59 | المعالجة المنزلية للماء 2 | 58, *11, 15, 21, 40, 47, 60, 65* |
| 60 | ترويق الماء باستخدام مخثر بذور (Moringa oleifera) | *15, 21, 58, 59* |
| 62 | التجهيز عند الطوارئ في المناطق الباردة | 44 |



# الملحق 3

## مصادر المعلومات على مواقع الشبكة العالمية

هناك الكثير من المواقع ذات الصلة بالإمداد المائي في الدول النامية، وإليك بعضها علماً أن لمعظم هذه المصادر ارتباطات أخرى في مواقع ذات صلة. لقد أدرجت المواقع أدناه في ثلاثة أجزاء:

جزء عام (General)، وآخر يتعلق بمستجمع الأمطار (Rainwater Catchment)، والثالث بالمضخات اليدوية (Hand Pumps). ويظهر في كل جزء من هذه الأجزاء توصيف مختصر للمتوفر من المعلومات على كل موقع (لحظة إعداد هذا الكتاب). أدرج مقابل عنوان الموقع.

## الجزء العام

### موقع Garnet

وهو مختصر لـ (Global Applied Research Network) والموقع عبارة عن آلية لتبادل المعلومات في مجال التجهيز المائي والكنيف الصحي (Sanitation) باستخدام شبكة متدنية الكلفة وغير رسمية مؤلفة من باحثين وممارسي مهنة ومموّلي أبحاث. والموقع مفيد في توفير روابط (Links) لعدد من المنظمات المعنية بشؤون الماء والكنيف الصحي، بالإضافة إلى مواقع أخرى وشبكات، ومجاميع نقاش ودردشة تختص بمواضيع معينة كالمضخات اليدوية مثلاً.

www.lboro.ac.uk/garnet

### موقع Lifewater Canada

يعطي هذا الموقع المهم معلومات حول روابط (Links) ذات صلة بمواضيع تتعلق بالتجهيز المائي قليل التكلفة. وستجد مزيداً من المعلومات باتباع «Online Training and Technical Links».

وتوفر الملاحظات التقنية المبوبة تحت عنوان «Water For The World» معيناً ثراً بهذا الاتجاه.

www.lifewater.ca

### موقع SKAT

لـــمـــوقـــع SKAT (أو Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management) أيضاً روابط لعدد من المصادر توفر مزيداً من معلومات حول التجهيز المائي. وعنوان الجزء الخاص بالتقنيات هو:

www.skat.ch/watsanweb/content/technology/general.htm

علماً بأن بقية المواقع لا تقل أهمية عن هذا الموقع.

www.skat.ch/watsanweb

### موقع *Waterlines*

وهو موقع **المجلة الدولية للتقنيات الملائمة للتجهيز المائي والـكـنـيـف الـصـحـي** (*International Journal of Appropriate Technologies for Water supply and Sanitation*).

وإن فهرست أعداد المجلة السابقة يساعد في تحديد المواضيع ذات الصلة، إذا ما توفر لك الحصول على الأعداد السابقة في المجلة، أو شراؤها من الناشر ITDG.

www.itdgpublishing.org.uk/waterlines.htm

### موقع WELL

وهو مركز مرجعي لدعم الصحة البيئية والازدهار الصحي في

الدول النامية وفي طور الانتقال. ولقد انشئ المركز من قبل قسم التطوير الدولي البريطاني (DFID).

يوفر الموقع WELL استجابات تقنية فورية ومجانية للطلبات الواردة من المنظمات غير الحكومية NGOs، ومن الحكومة البريطانية، أو منظمات الأمم المتحدة. وفي الموقع نسخ للمختصرات التقنية من رقم 33 الخاصة بالـ *Waterline* **(انظر الملحق 2)** والمأخوذة عن *Running Water*، أحد الكتب المرجعية المحكمة الستة. وقد أسندت هذه المختصرت ترافقياً Cross referred في الملحق 1. وتوفر WELL، دليل مكتبة بحث يفيد في إيجاد تفاصيل حول كتب اختصاصية لها علاقة بالمياه، والنظافة، والصحة، في البلدان النامية. وتتوفر روابط (Links) أيضاً لمواقع كثيرة أخرى.

www.lboro.ac-uk/well

**موقع World Bank**

تربط الصفحة التالية على موقع World Bank المتتبع إلى مصادر مفيدة ثرية بالمعلومات الخاصة بتقنيات المداد المائي.

www.worldbank.org/html/fpd/water/topics/tech_supply.html

## جزء مستجمع الأمطار DTU

ويعني برنامج استجماع ماء السقوف المنزلية (Domestic Roofwater Harvesting Programme) والموقع أقامته وحدة التطوير التكنولوجي في مدرسة الهندسة التابعة لجامعة واروبك، مع مزيد من الارتباطات إلى مواقع أخرى ذات صلة باستجماع مياه الأمطار وخزنها.

www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html

## جزء المضخات اليدوية

### موقع HTN

تنسق الشبكة العالمية للتكنولوجيات، فعالة التكلفة في التجهيز المائي وتيسر حلولاً لمواضيع التصميم المميزة، وتشخص الأولويات في مجالات البحث والتطوير الخاصة بالمضخات اليدوية.

وتصون الشبكة المواصفة العالمية وحق الاختراع في مجال المضخات اليدوية كمواصفة Afridev، وU3 Uganda وBush، وMALDA، ومضخات Yaku - MAYA - TARA وغيرها. كما وتشجع المشاركة بالمعلومات وبناء القدرات.

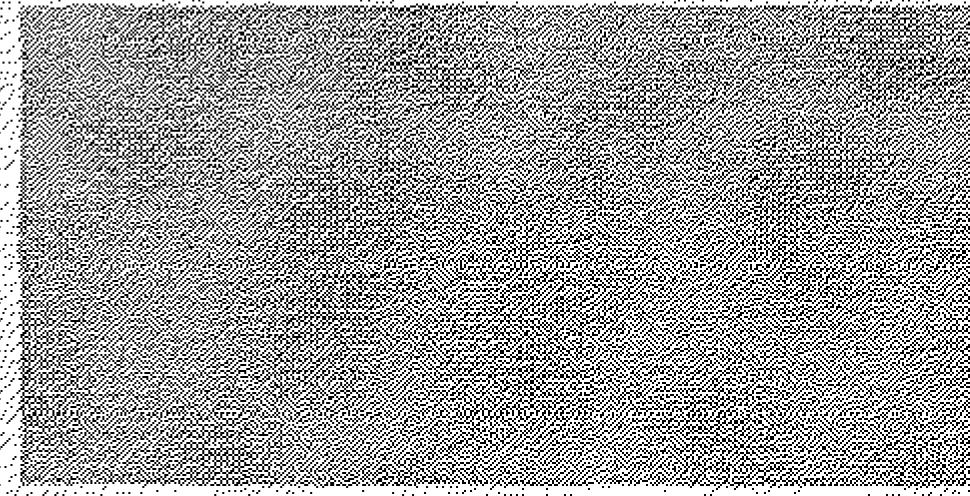
www.Skat.ch/htn

### موقع Lifewater Canada

يُعد هذا الموقع من المواقع المفيدة جداً في توفير المعلومات حول روابط بمواقع أخرى تخص المضخات اليدوية والأخرى المدارة بالأقدام وبإمكانك الحصول عليها بالنقر على خيار: «Online Training Manuals and Technical Links».

www.lifewater.ca

# الملحق 4



## وحدات القياس

تجد أدناه بعض عوامل التحويل قد تكون ذات فائدة

**الطول (Length):**

1 metre, 1m = 100 cm = 1000 mm = 3.281 feet = 1.094 yards

1 kilometre, 1 km = 1000 m = 0.6214 miles

1 inch, 1" = 25,4 mm = 2,54 cm

1 foot, 1 ft = 304,8 mm = 30,48 cm

1 mile = 1,609 km

**الكتلة (Mass):**

1 kg = 1000 g = 1000 000 mg

1 kg = 2,204 lb = 35,27 oz

**الحجم (Volume):**

$1m^3$ = 1000 litres

1 $m^3$ = 35,31 $ft^3$ = 220,0 British gallons = 264,2 US gallons

1 litre = 0,22 British gallons = 0,264 US gallons

1 megalitre, 1 M l = 1000 $m^3$

1 British gallon = 1,2 US gallons = 0, 1605 $ft^3$ = 4,546 litres

**الضغط (Pressure):**

1 metre head of water = 0,1 $kgf/cm^2$ = 0,00981$N/mm^2$

1 metre head of water = 1,422 $lb/in^2$ = 1,422 psi

1 Pascal, 1 Pa = 1 $N/m^2$

1 bar = 10,197 metres head of water (although often for simplicity it is assumed to be 10 m).

معدل الجريان **(Flow rates)**:

1 litre/s = 13.20 British gallons per minute (gpm)

1 $m^3/h$ = 0.001 Ml/h

$1m^3/h$ = 0.00527928 million British gallons per day (mgd)

# ثبت المصطلحات

## عربي ــ إنجليزي

| | |
|---|---|
| آبار محفورة يدوياً | Hang - Dug Wells |
| اجتراف خلفي | Back Wash |
| أداة الحفر بالدق | Cable Tont Rig |
| أرياش ناشرة ثابتة | Fixed Diffuser Vane |
| إزارة/ حافة الغطاء | Cover Slab |
| أسانيد الدراسة | Reference |
| استخدام منزلي | Domestic Use |
| أسلاك شائكة | Barbed Wire |
| إسمنت سائل | Cement Grout |
| إسناد ترافقي | Cross Reference |
| إعادة تأهيل | Rehabilitation |
| إعادة شحن | Water Recharge |
| أعمال منشآت المنبع | Head Works |
| أقصى طلب إجمالي يومي | Maximum Total Daily |

| | |
|---|---|
| Roofing Sheets | ألواح تسقيف |
| Slotted Plate | ألواح مثقبة/ ألواح مشققة |
| Delivery Valve (or Tube) | أنبوب/ صمام تفريغ |
| Stand Pipe | أنبوب/ ماسورة قائمة |
| Well Point | أنبوب تجفيف |
| Sump Pipe | أنبوب تجميع الشوائب قبل دخول الماء إلى الخزان |
| Down Pipe | أنبوب التصريف |
| Washout Pipe | أنبوب تصريف تضاغطي |
| Casing Pipe | أنبوب تغليف/ أنبوب تدعيم |
| Riser Pipe | أنبوب رفع |
| Siphon | أنبوب شفط تثاقلي/ سيفون |
| Overflow Pipe | أنبوب طفح/ طفاحة |
| Flexible Pipe | أنبوب مرن |
| Yield | إنتاجية/ محصول |
| Washout | انجراف |
| Sag | انحرف/ مال/ انحل |
| Shuttering | إنشاء هيكل مؤقت لدعم الخرسانة المصبوبة (هيكل ساند مؤقت) |
| Starter | بادئ |
| Auger | بريمة الحفر (مثقب) |
| Solar Water Pastenriaing | بسترة الماء بالأشعة الشمسية |
| Casing | بطانة/ تدعيم/ ستر/ تغطية |
| Faecal Bacteria | بكتيريا برازية |
| Pulley | بكرة |

| | |
|---|---|
| Ware | بلى |
| Brickwork | بناء بالآجُر (الطابوق) |
| Well | بئر |
| Driven Tube Well | بئر أنبوبية محقونة أو مساقة |
| Jetted Tube well | بئر أنبوبية نافثة |
| Hand - Dug Well | بئر محفورة يدوياً |
| Watertight Well | بئر مَسيكة |
| Roughing | تخشين/ تدشين |
| Provision | تدبير وقائي/ احترازي |
| Uniform Granular Soil | تربة حبيبية منتظمة |
| Uniform Fine - Grained Soil | تربة حبيبية ناعمة ومنتظمة |
| Gravel Soil | تربة حصباء |
| Top Soil | تربة فوقية |
| Reciprocating | ترددي |
| Sludging | ترسيب الحمأة |
| Seepage | تسرب/ نَز |
| Fluidization | تسييل |
| Life beyond Designs | تصاميم الأمد الطويل |
| Stage Upgrading | تغذية مرحلية |
| Jetting | تغطيس الركائز من دون دق |
| Discharge | تفريغ/ إخلاء |
| Impervious Formation | تكوين كتيم أو منيع (غير نفاذ) |
| Masonry Mount of Earth | تل/ مرتفع/ رابية/ راقم |
| Purification | تنقية |

| | |
|---|---|
| Split Pin | تيلة مشقوقة/ دبوس خابوري |
| Air Release Hole | ثقب تنفيس |
| Borehole | ثقب حفر |
| Artesian Borehole | ثقب حفر أرتوازي |
| Machine - Drilled Borehole | ثقب حفر بمثقاب آلي |
| Hand - Augered Borehole | ثقب حفر بمثقاب يدوي |
| Counter Weight | ثقل موازن |
| Sharp - Edge Notch | ثلمة/ سن حاد التهايه |
| V - Notch | ثلمة بشكل الحرف v |
| Head Wall | جدار أمامي/ حائط احتجاز |
| Competence | جدارة |
| Impermeable Walls | جدران غير نفاذة |
| Threshing Floor | جرن/ بيدر |
| Outflow | جريان إلى الخارج |
| Inflow | جريان إلى الداخل |
| Cumulative Outflow | جريان خارجي مُجمّع |
| Cumulative Inflow | جريان داخلي مُجمّع |
| Stator | جزء ساكن |
| Foot Bridge | جسر مشاة |
| Hydram Body | جسم هيدرام |
| Guide Bush | جُلبة دليلية/ جُلبة إرشاد |
| Boulder | جلمود |
| Coupling | جماع |
| Permeable Banks | جنبات نفاذة/ جنبات نضوحة |

| | |
|---|---|
| Wedge - Wire Screen | حاجز معدني إسفيني |
| Bar Screen | حاجز من قضبان |
| Tripod | حامل ثلاثي الأرجل |
| Guy Rope | حبل تثبيت وتدي |
| Wire Rope | حبل سلكي |
| Rope Thread | حبل ناظم |
| Stone | حجر |
| Sedimentation Chamber | حجرة تركيد |
| Surge Chamber | حجرة الفورة |
| Suction Limit | حدود المص |
| House Compound | حدود المنزل |
| Cast Iron | حديد الزهر |
| Upstroke | حركة باتجاه الأعلى |
| Straning Unat | حشية مضغوطة/ حشية انفعالية |
| Rain Water Catchment | حصيلة مطرية/ مستجمع أمطار |
| Excavation | حفر/ تنقيب |
| Development Drilling | حفر تمهيدي |
| Shallow Dig | حفر ضحل |
| Sookaway | حفرة تشرب لتصريف الماء بالارتشاح |
| Pit Latrine | حفرة مرحاض |
| Public Domain | حق الاقتراع والتأليف/ المشاع |
| Grouting | حقن بالإسمنت |
| Rule of Thumb | حكم مبني على التجربة/ قياس تقريبي |
| Annulus | حلقة/ زردة |

| | |
|---|---|
| Bituminous | حُمَّري/ قاري (من السقار) |
| Baffles | حواجز |
| Precast Concrete | خرسانة سبق صبّها |
| Suction Hose | خرطوم مص |
| Sedimentation Tank | خزان/ صهريج تركيد |
| Break Pressure Tank | خزان تفتيت الضغط |
| Grapple | خطاف |
| Draw Dawn | خفض المنسوب |
| Trench | خندق |
| Soakaway Trench | خندق تشرب |
| Saking | خيش/ جنفاص |
| Impelled | دافع/ ضاغط |
| Plastering | درز/ وضع طبقة جص أو إسمنت |
| Securing Bracket | دعامة أمان |
| Payment by Comsumption | دفع بحسب الاستهلاك |
| Pedal | دواسة |
| Hydrological Cycle | دورة المياه/ الدورة المائية |
| Fly Wheel | دولاب طيار |
| Driven Head | رأس سَوْق |
| Pump Head | رأس المضخة |
| Winch | رافعة/ مرفاع/ ونش |
| Strainer | راووق/ أداة شد |
| Flush | رحض/ غسل |
| Backfill | ردم خلفي/ ترصين حفرة |

| | |
|---|---|
| Infiltrate | رشح/ ارتشح |
| Compaction | رص |
| Bracket | رف كتيفي |
| Debris | ركام/ مخلفات/ طلل/ بقايا |
| Droppings | روث |
| Slurry | روغة/ طين رقيق القوام |
| Rural | ريفي/ قروي |
| Drilling Stem | ساق الحفر |
| Weir | سد |
| Earth Dam | سد ترابي |
| Sand Dam | سد رملي |
| Rock Embanment Dam | سد ضفي صخري |
| Cup Seal | سداد إحكام نصف كروي |
| Clay Dams | سدود طينية |
| Infiltration Gallery | سرداب ترشيح |
| Aspirator | سفاطة |
| Gabions | سلة مليئة بالصخور |
| Food Plain | سهل ناتئ عن الفيضانات |
| Accessibility | سهولة الوصول |
| Soil Embankment | سواد ترابي |
| Guaze | شاش/ نسيج معدني |
| Plastic Mesh | شبكة بلاستيكية |
| Grid | شبكة متسامتة |
| Priming | شحن/ إعداد للإطلاق |

| | |
|---|---|
| Scalding | شطف بالماء المغلي أو البخار |
| Direct Action | شغل مباشر |
| Constant Head Asperator | شفاطة الرأس الثابت |
| Fissure | شق/ صدع |
| Apron Slab | صَبّة/ لوح/ بلاطة/ إزارة |
| Rock | صخرة |
| Fractured Rock | صخور حتاتية/ حتات صخري |
| Jerry Can | صفيحة جَيري |
| Valve | صمام/ مصراع/ دسام |
| Washout Valve | صمام تفريغ/ تصريف |
| Air Bleed Valve | صمام تنظيم نزف الهواء |
| Impulse Valve | صمام دفعي |
| Foot Valve | صمام سفلي لا رجعي |
| Piston Valve | صمام كباسي |
| Non Return Valve | صمام لا رجعي |
| Nut | صملة/ عزقة |
| Yard Tap | صنبور فناء/ باحة المنزل |
| Spring Box | صندوق نابضي |
| Shallow Tank | صهريج واطئ الموقع |
| Compressors | ضاغطات |
| Pressure Head | ضغط رأسي/ مقياس سرعة التيار |
| Unconsolidated Strata | طبقات جيولوجية غير مدمجة |
| Pitching | طبقة رصف قبل التزفيت |
| Debonding Layer | طبقة مانعة للإنشاء |

| | |
|---|---|
| Consoledated Strata | طبقة مدمجة/ طبقة مُدعَمة |
| Sludger Method | طريقة الحمأة |
| Caissoning Metthod | طريقة كايسون |
| Silt | طمي |
| Fixing Collar | طوق تثبيت |
| Cast | طين |
| Drilling Mud | طين الحفر |
| Biodegradable Drilling Mud | طين حفر قابل للتحلل الحيوي |
| Puddled Clay | طين مفخور (مسوّط) |
| Compacted Clay | طين ملبد/ طين مكتنز |
| Beam | عارضة/ دعامة |
| Rain Storm | عاصفة مطرية |
| Lever | عتلة الرافعة |
| Field Kit | عُدَة أدوات ميدانية |
| Fishing Tool | عدة التقاط |
| Vonder Rig | عدة حفر فوندر |
| Displace | عزل |
| Raked Debris | عشب مجمع بالخرماشة |
| Hydrology | علم الهيدرولوجيا/ المائيات |
| Camshaft | عمود الحدبات |
| Crankshaft | عمود مرفق |
| Rotor | عنفة/ مروحة |
| Eye of the Spring | عين الينبوع |
| Mesh | عيون الشبكة |

| | |
|---|---|
| Thatch | غماء (قصب وأغصان نباتات تعمل منها سطوح المنازل) |
| Slits | فتحات طبقة |
| Design Lufe | فترة التشغيل التصميمية |
| Washer | فلكة/ حلقة لمنع الارتشاح |
| Overflow | فيضان/ زيادة مائية |
| Extractable | قابل للاستخراج |
| Form Work | قالب مؤقت |
| Tiles | قرميد |
| Guide Rod | قضيب توجيه |
| Roller Bars | قضيب مع موصلة خشبية أو من القماش |
| Precast Segment of Concrete Slab | قطع خرسانة سبق صبها |
| Bed | قعر |
| Hinged Flap | قلابة مفصلية |
| Clamping | قمط/ شد/ تثبيت |
| Heavy Duty | قوى الاحتمال |
| Free Residual Valve | قيمة حرة متبقية |
| Ram | كباش |
| Stack | كدس |
| Sheeting | كسوة/ غطاء خشبي أو من القماش |
| Free available Chlorine | كلور حر متبقي (المتاح) |
| Unsustainable | لا يطاق |
| Chisel Bit | لقمة الإزميل |
| Drilling Bit | لقمة الحفر |
| Shell Bit | لقمة حفر مجوفة |

| | |
|---|---|
| Rotating Bit | لقمة دوارة |
| Waling | لوح ربط أفقي |
| Scumboard | لوح الغشاء |
| Photo Voltaic Panel | لوح فوتوفولطائي |
| Spiral | لولب/ حلزون/ زنبرك |
| Overflowing Water | ماء طافح |
| Screened Water | ماء مُصَفى |
| Run Off | ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض |
| Rising Main | مأخذ رئيسي صاعد |
| Lining Material | مادة مُبطِنة |
| Drive Pipe | ماسورة الحفر |
| Livestock | ماشية/ دواجن/ دواب |
| Trowel | مالج |
| Mound | متراس/ رابية/ استحكام |
| Peak Demand | متطلبات الذروة |
| Intermittent | متقطع |
| Durable | متين/ ثابت |
| Mortored Joind | مثبتة بالمِلاط (خليط إسمنت وجير ورمل يستخدم للصق الطوب وأحجار البناء) |
| Perforated | مثقب/ مشقق |
| Ravine | مجرى/ خانق |
| Erosion Gully | مجرى مائي حتّي |
| Threaded Coupling | مُجمَع/ قَرِن ملولب |
| Cup Seal | محبس/ ختم حلقي |

| | |
|---|---|
| Clogged | محتش/ مسدود |
| Stand Point | محطة توزيع |
| Surge Plunger | محقنة دافعة |
| Water Tight | محكم/ سدود للماء |
| Airtight | مُحكم/ غير منفذ للهواء |
| Ingress | مدخل/ دخول |
| Core Reference | مرجع/ مصدر أساس |
| Well Point | مرشحة في نهاية أنبوب الحفر/ البئر |
| Windlass | مرفاع/ بكرة |
| Catchment Area | مستجمع الأمطار |
| Static | مستقر |
| Piezometric Level | مستوى الماء الجوفي الضغطي (يسبب ضغط الماء الناتج عن فرق الارتفاع) |
| Intake | مَسرَب |
| Swivel Bolt | مسمار رفع دوار |
| Pivot Bearing | مسند مفصلي |
| Handle Bearing | مسند مفصلي للمقبض |
| Actuated | مُسيَّر/ مدفوع |
| Work Shop | مشغل |
| Overflow Spring | مصراع/ صمام إخراج |
| Gravity Flow Outlet | مصرف جريان بالتثاقل |
| Perimeter Drain | مصرف حوطي (محيطي) |
| Drain | مصرف مياه |
| Glazed | مصقول |

| | |
|---|---|
| Pump | مضخة |
| Deep Well Pump | مضخة البئر العميقة |
| Progressive Cavity Pump | مضخة التجويف المتقدمة |
| Treadle Pump | مضخة تحرك بالقدم |
| Rope and Washer | مضخة الحبل والفلكة |
| Force Pump | مضخة الدفق الجيري |
| Rotodynamic | مضخة ديناميكية دوارة |
| Cylindrical Diaphragm Pump | مضخة رقية أسطوانية |
| Direct Action Pump | مضخة الشغل المباشر |
| Hydraulic Ram Pump | مضخة ضغاط هيدروليكي |
| Oscillating Water Column Pump | مضخة العمود المائي الاهتزازية |
| Submersible Electric Pump | مضخة كهربائية غاطسة |
| Suction Pump | مضخة ماصة |
| Rower Pump | مضخة مجدافية |
| Wind -Powered Pump | مضخة مدارة بقوة الرياح |
| Volute Centrifugal Pump | مضخة نابذة حلزونية |
| Hand Pump | مضخة يدوية |
| Reciprocating Piston Hand Pump | مضخة يدوية مكبسية ترددية |
| Heavy Air - Actuated Single Piston Hammer | مطرقة تدار بمكبس أحادي مدفوع بالهواء الثقيل |
| Down the -Hole Hammer (DTH) | مطرقة داخل الثقب |
| Jack Hammer | مطرقة هيدروليكية |
| Ladle | مغرفة/ أداة غرف |
| Lever handle | مقبض العتلة |

| | |
|---|---|
| Slotted | مقطع |
| Chlorinator | مكلور |
| Aquifer | مكمن مائي |
| Confined Aquifer | مكمن مائي محصور |
| Puddle Clay | ملاط |
| Cement Mortor | ملاط الإسمنت |
| Flocculators | مُلبِدات |
| Committed | مناط به |
| Low Lying Area | مناطق منخفضة عن سطح الأرض |
| Down Hill | مُنحدر |
| Hack Saw | منشار المعادن |
| Drilling Rig | منصة حفر |
| Infiltration Area | منطقة ارتشاح |
| Stand Post | منطقة توزيع |
| Bellows | منفاخ |
| Technical Brief | موجز تقني مختصرات تقنية |
| Hampered | موقوف/ معاق |
| Spilt Water | مياه آسنة |
| Artisian Water | مياه أرتوازية |
| Rain Water | مياه الأمطار |
| Surface Water | مياه سطحية |
| Potable Water | مياه الشفة/ ماء الشرب |
| Waisted | مياه عادمة/ مهدورة |
| Catchment from Roof | مياه مجمعة من السطوح |

| | |
|---|---|
| Gutter | ميزاب |
| Gutter trough on Poles | ميزاب حوضي على حوامل |
| Suspended Gutter | ميزاب معلق |
| Bailer | نازح الماء |
| Belt Drive | ناقل حركة حزامي |
| Dewater | نزح/ تفريغ |
| Ground Water Table | نطاق الماء الجوفي |
| Soil Removing System | نظام/ تحريك التربة |
| Soackage System | نظام نقع |
| Collection Points | نقاط/ استلام الماء |
| Communal Water Point | نقطة توزيع مشتركة |
| Stand Post | نقطة توزيع المياه |
| Pivot Point | نقطة دوران |
| Expanse | وسعة/ بسطة/ حيز/ مدى |
| Trickle | وشل/ مجرى هزيل/ يُقطّر |
| Hedge | وشيع/ مُرَصّن/ معزز |
| Push - Fit Joints | وصلات تتداخل بالدفع |
| Rod Joint | وصلة قضيب الحفر |
| Swivel | وصلة متراوحة/ مرور |
| Joint | وصلة/ مفصل |
| Connector | وصيلة |
| Screwed Connector | وصيلة ملولبة |
| Plinth | وطيدة |
| Sustainable | يتحمل/ قابل للتحمل |

| | |
|---|---|
| Cape with | يجتاز/ يجابه/ يتصدى |
| Gravitate | يجذب |
| Cut into | يحّز |
| Circulate | يُدوّر/ يندفع/ يُسيّر |
| Improvise | يرتجل/ يستخدم كبديل |
| Refill | يردم/ ردم |
| Dispense with | يزيل/ يستغني عن/ يعطل |
| Intermesh | يُعشِّق/ يتداخل/ يتشابك |
| Insert | يُقحم |
| Seep | يكنّز/ يرتشح |
| Spring | ينبوع/ منهل/ جدول |
| Fissure Spring | ينبوع صدعي أو شَقي |
| Install | ينصب/ يُركب |

# ثبت المصطلحات

## إنجليزي ـ عربي

| | |
|---|---|
| Accessibility | سهولة الوصول |
| Actuated | مُسيَّر/ مدفوع |
| Air Bleed Valve | صمام تنظيم نزف الهواء |
| Air Release Hole | ثقب تنفيس |
| Airtight | مُحكم/ غير منفذ للهواء |
| Annulus | حلقة/ زردة |
| Apron Slab | صَبّة/ لوح/ بلاطة/ إزارة |
| Aquifer | مكمن مائي |
| Artesian Borehole | ثقب حفر أرتوازي |
| Artisian Water | مياه أرتوازية |
| Aspirator | سفاطة |
| Auger | بريمة الحفر (مثقب) |
| Back Wash | اجتراف خلفي |
| Backfill | ردم خلفي/ ترصين حفرة |

| | |
|---|---|
| Baffles | حواجز |
| Bailer | نازح الماء |
| Bar Screen | حاجز من قضبان |
| Barbed Wire | أسلاك شائكة |
| Beam | عارضة/ دعامة |
| Bed | قعر |
| Bellows | منفاخ |
| Belt Drive | ناقل حركة حزامي |
| Biodegradable Drilling Mud | طين حفر قابل للتحلل الحيوي |
| Bituminous | حُمَّري/ قاري (من السقار) |
| Borehole | ثقب حفر |
| Boulder | جلمود |
| Bracket | رف كتيفي |
| Break Pressure Tank | خزان تفتيت الضغط |
| Brickwork | بناء بالآجُر (الطابوق) |
| Cable Tont Rig | أداة الحفر بالدق |
| Caissoning Metthod | طريقة كايسون |
| Camshaft | عمود الحدبات |
| Cape with | يجتاز/ يجابه/ يتصدى |
| Casing | بطانة/ تدعيم/ ستر/ تغطية |
| Casing Pipe | أنبوب تغليف/ تدعيم |
| Cast | طين |
| Cast Iron | حديد الزهر |
| Catchment Area | مستجمع الأمطار |

| | |
|---|---|
| Catchment from roof | مياه مجمعّة من السطوح |
| Cement Grout | إسمنت سائل |
| Cement Mortor | ملاط الإسمنت |
| Chisel Bit | لقمة الإزميل |
| Chlorinator | مكلور |
| Circulate | يُدوّر/ يندفع/ يُسيّر |
| Clamping | قمط/ شد/ تثبيت |
| Clay Dams | سدود طينية |
| Clogged | محتش/ مسدود |
| Collection Points | نقاط توزيع/ استلام الماء |
| Committed | مناط به |
| Communal Water Point | نقطة توزيع مشتركة |
| Compacted Clay | طين ملبد/ مكتنز |
| Compaction | رص |
| Competence | جدارة |
| Compressors | ضاغطات |
| Confined Aquifer | مكمن مائي محصور |
| Connector | وصيلة |
| Consoledated Strata | طبقة مدمجة/ طبقة مُدعَمة |
| Constant Head Asperator | شفاطة الرأس الثابت |
| Core Reference | مرجع/ مصدر أساس |
| Counter Weight | ثقل موازن |
| Coupling | جَمّاع |
| Cover Slab | إزارة/ حافة الغطاء |

| | |
|---|---|
| Crankshaft | عمود مرفق |
| Cross Reference | إسناد ترافقي |
| Cumulative Inflow | جريان داخلي مُجمّع |
| Cumulative Outflow | جريان خارجي مُجمّع |
| Cup Seal | محبس/ ختم حلقي |
| Cut into | يحّز |
| Cylindrical Diaphragm Pump | مضخة رقية أسطوانية |
| Debonding Layer | طبقة مانعة للإنشاء |
| Debris | ركام/ مخلفات/ طلل/ بقايا |
| Deep Well Pump | مضخة البئر العميقة |
| Delivery Valve (or Tube) | أنبوب/ صمام تفريغ |
| Design Lufe | فترة التشغيل التصميمية |
| Development Drilling | حفر تمهيدي |
| Dewater | نزح/ تفريغ |
| Direct Action | شغل مباشر |
| Direct Action Pump | مضخة الشغل المباشر |
| Discharge | تفريغ/ إخلاء |
| Dispense with | يزيل/ يستغني عن/ يعطل |
| Displace | عزل |
| Domestic Use | استخدام منزلي |
| Down Hill | مُنحدر |
| Down Pipe | أنبوب التصريف |
| Down the -Hole Hammer (DTH) | مطرقة داخل الثقب |
| Drain | مصرف مياه |

| | |
|---|---|
| Draw Dawn | خفض المنسوب |
| Drilling Bit | لقمة الحفر |
| Drilling Mud | طين الحفر |
| Drilling Rig | منصة حفر |
| Drilling Stem | ساق الحفر |
| Drive Pipe | ماسورة الحفر |
| Driven Head | رأس سَوْق |
| Driven Tube Well | بئر أنبوبية محقونة/ مساقة |
| Droppings | روث |
| Durable | متين/ ثابت |
| Earth Dam | سد ترابي |
| Erosion Gully | مجرى مائي/ خور |
| Excavation | حفر/ تنقيب |
| Expanse | وسعة/ بسطة/ حيز/ مدى |
| Extractable | قابل للاستخراج |
| Eye of the Spring | عين الينبوع |
| Faecal Bacteria | بكتيريا برازية |
| Field Kit | عُدَة أدوات ميدانية |
| Fishing Tool | عدة التقاط |
| Fissure | شق/ صدع |
| Fissure Spring | ينبوع صدعي/ ينبوع شَقي |
| Fixed Diffuser Vane | أرياش ناشرة ثابتة |
| Fixing Collar | طوق تثبيت |
| Flexible Pipe | أنبوب مرن |

| | |
|---|---|
| Flocculators | مُلبِدات |
| Fluidization | تسييل |
| Flush | رحض/ غسل |
| Fly Wheel | دولاب طيار |
| Food Plain | سهل ناتئ عن الفيضانات |
| Foot Bridge | جسر مشاة |
| Foot Valve | صمام سفلي لا رجعي |
| Force Pump | مضخة الدفق الجبري |
| Form Work | قالب مؤقت |
| Fractured Rock | صخور حتاتية (حتات صخري) |
| Free available Chlorine | كلور حر متبقي (المتاح) |
| Free Residual Valve | قيمة حرة متبقية |
| Gabions | سلة مليئة بالصخور |
| Glazed | مصقول |
| Grapple | خطاف |
| Gravel Soil | تربة حصباء |
| Gravitate | يجذب |
| Gravity Flow Outlet | مصرف جريان بالتثاقل |
| Grid | شبكة متسامتة |
| Ground Water Table | نطاق الماء الجوفي |
| Grouting | حقن بالإسمنت |
| Guaze | شاش/ نسيج معدني |
| Guide Bush | جُلبة دليلية/ جُلبة إرشاد |
| Guide Rod | قضيب توجيه |

| | |
|---|---|
| Gutter | ميزاب |
| Gutter trough on Poles | ميزاب حوضي على حوامل |
| Guy Rope | حبل تثبيت وتدي |
| Hack Saw | منشار المعادن |
| Hampered | موقوف/ معاق |
| Hand - Augered Borehole | ثقب حفر بمثقاب يدوي |
| Hand - Dug Well | بئر محفورة يدوياً |
| Hand Pump | مضخة يدوية |
| Handle Bearing | مسند مفصلي للمقبض |
| Hang - Dug Wells | آبار محفورة يدوياً |
| Head Wall | جدار أمامي/ حائط احتجاز |
| Head Works | أعمال منشآت المنبع |
| Heavy Air - Actuated Single Piston Hammer | مطرقة تدار بمكبس أحادي مدفوع بالهواء الثقيل |
| Heavy Duty | قوي الاحتمال |
| Hedge | وشيع/ مُرَصّن/ معزز |
| Hinged Flap | قلابة مفصلية |
| House Compound | حدود المنزل |
| Hydram Body | جسم هيدرام |
| Hydraulic Ram Pump | مضخة ضغاط هيدروليكي |
| Hydrological Cycle | دورة المياه/ الدورة المائية |
| Hydrology | علم الهيدرولوجيا/ المائيات |
| Impelled | دافع/ ضاغط |
| Impermeable Walls | جدران غير نفاذة |

| | |
|---|---|
| Impervious Formation | تكوين كتيم أو منيع (غير نفاذ) |
| Improvise | يرتجل/ يستخدم كبديل |
| Impulse Valve | صمام دفعي |
| Infiltrate | رشح/ ارتشح |
| Infiltration Area | منطقة ارتشاح |
| Infiltration Gallery | سرداب ترشيح |
| Inflow | جريان إلى الداخل |
| Ingress | مدخل/ دخول |
| Insert | يُقحم |
| Install | ينصب/ يُركب |
| Intake | مَسرَب |
| Intermesh | يُعشِّق/ يتداخل/ يتشابك |
| Intermittent | متقطع |
| Jack Hammer | مطرقة هيدروليكية |
| Jerry Can | صفيحة جَيري |
| Jetted Tube well | بئر أنبوبية نافثة |
| Jetting | تغطيس الركائز من دون دق |
| Joint | وصلة/ مفصل |
| Ladle | مغرفة/ أداة غرف |
| Lever | عتلة الرافعة |
| Lever handle | مقبض العتلة |
| Life beyond Designs | تصاميم الأمد الطويل |
| Lining Material | مادة مُبطِنة |
| Livestock | ماشية/ دواجن/ دواب |

| | |
|---|---|
| Low Lying Area | المناطق المنخفضة عن سطح الأرض |
| Machine - Drilled Borehole | ثقب حفر بمثقاب آلي |
| Masonry Mount of Earth | تل/ مرتفع/ رابية/ راقم |
| Maximum Total Daily | أقصى طلب إجمالي يومي |
| Mesh | عيون الشبكة |
| Mortored Joind | مثبتة بالمِلاط (خليط إسمنت وجير ورمل يستخدم للصق الطوب وأحجار البناء) |
| Mound | متراس/ رابية/ استحكام |
| Non Return Valve | صمام لا رجعي |
| Nut | صملة/ عزقة |
| Oscillating Water Column Pump | مضخة العمود المائي الاهتزازية |
| Outflow | جريان إلى الخارج |
| Overflow | فيضان/ زيادة مائية |
| Overflow Pipe | أنبوب طفح/ طفاحة |
| Overflow Spring | مصراع/ صمام إخراج |
| Overflowing Water | ماء طافح |
| Payment by Comsumption | دفع بحسب الاستهلاك |
| Peak Demand | متطلبات الذروة |
| Pedal | دواسة |
| Perforated | مثقب/ مشقق |
| Perimeter Drain | مصرف حوطي (محيطي) |
| Permeable Banks | جنبات نفاذة/ جنبات نضوحة |
| Photo Voltaic Panel | لوح فوتوفولطائي |
| | مستوى الماء الجوفي الضغطي (يسبب ضغط الماء الناتج عن فرق |

| | |
|---|---|
| Piezometric Level | (الارتفاع) |
| Piston Valve | صمام كباسي |
| Pit Latrine | حفرة مرحاض |
| Pitching | طبقة رصف قبل التزفيت |
| Pivot Bearing | مسند مفصلي |
| Pivot Point | نقطة دوران |
| Plastering | درز/ وضع طبقة جص أو إسمنت |
| Plastic Mesh | شبكة بلاستيكية |
| Plinth | وطيدة |
| Potable Water | مياه الشفة/ ماء الشرب |
| Precast Concrete | خرسانة سبق صبّها |
| Precast Segment of Concrete Slab | قطع خرسانة سبق صبها |
| Pressure Head | ضغط رأسي (مقياس سرعة التيار) |
| Priming | شحن/ إعداد للإطلاق |
| Progressive Cavity Pump | مضخة التجويف المتقدمة |
| Provision | تدبير وقائي/ احترازي |
| Public Domain | حق الاقتراع والتأليف/ المشاع |
| Puddle Clay | ملاط |
| Puddled Clay | طين مفخور (مسوّط) |
| Pulley | بكرة |
| Pump | مضخة |
| Pump Head | رأس المضخة |
| Purification | تنقية |
| Push - fit Joints | وصلات تتداخل بالدفع |

| | |
|---|---|
| Rain Storm | عاصفة مطرية |
| Rain Water | مياه الأمطار |
| Rain Water Catchment | حصيلة مطرية/ مستجمع أمطار |
| Raked Debris | عشب مجمع بالخرماشة |
| Ram | كباش |
| Ravine | مجرى/ خانق |
| Reciprocating | ترددي |
| Reciprocating Piston Hand Pump | مضخة يدوية مكبسية ترددية |
| Reference | أسانيد الدواسة |
| Refill | يردم/ ردم |
| Rehabilitation | إعادة تأهيل |
| Riser Pipe | أنبوب رفع |
| Rising Main | مأخذ رئيسي صاعد |
| Rock | صخرة |
| Rock Embanment Dam | سد ضفي صخري |
| Rod Joint | وصلة قضيب الحفر |
| Roller Bars | قضيب مع موصلة خشبية أو من القماش |
| Roofing Sheets | ألواح تسقيف |
| Rope and Washer | مضخة الحبل والفلكة |
| Rope Thread | حبل ناظم |
| Rotating Bit | لقمة دوارة |
| Rotodynamic | مضخة ديناميكية دوارة |
| Rotor | عنفة/ مروحة |
| Roughing | تخشين/ تدشين |

| | |
|---|---|
| Rower Pump | مضخة مجدافية |
| Rule of Thumb | حكم مبني على التجربة/ قياس تقريبي |
| Run Off | ماء المطر الجاري فوق سطح الأرض |
| Rural | ريفي/ قروي |
| Sag | انحرف/ مال/ انحل |
| Saking | خيش/ جنفاص |
| Sand Dam | سد رملي |
| Scalding | شطف بالماء المغلي أو البخار |
| Screened Water | ماء مُصَفى |
| Screwed Connector | وصيلة ملولبة |
| Scumboard | لوح الغشاء |
| Securing Bracket | دعامة أمان |
| Sedimentation Chamber | حجرة تركيد |
| Sedimentation Tank | خزان (صهريج) تركيد |
| Seep | يكنّز/ يرتشح |
| Seepage | تسرب/ نَز |
| Shallow Dig | حفر ضحل |
| Shallow Tank | صهريج واطئ الموقع |
| Sharp - Edge Notch | ثلمة/ سن حاد التهابه |
| Sheeting | كسوة/ غطاء خشبي أو من القماش |
| Shell Bit | لقمة حفر مجوفة |
| Shuttering | إنشاء هيكل مؤقت لدعم الخرسانة المصبوبة (هيكل ساند مؤقت) |
| Silt | طمي |

| | |
|---|---|
| Siphon | أنبوب شفط تثاقلي/ سيفون |
| Slits | فتحات طبقة |
| Slotted | مُثقب/ مُشقق |
| Slotted Plate | ألواح مثقبة/ ألواح مشققة |
| Sludger Method | طريقة الحمأة |
| Sludging | ترسيب الحمأة |
| Slurry | روغة/ طين رقيق القوام |
| Soackage System | نظام نقع |
| Soakaway Trench | خندق تشرب |
| Soil Embankment | سواد ترابي |
| Soil Removing System | نظام تحريك التربة |
| Solar Water Pastenriaing | بسترة الماء بالأشعة الشمسية |
| Sookaway | حفرة تشرب لتصريف الماء بالارتشاح |
| Spilt Water | مياه آسنة |
| Spiral | لولب/ حلزون/ زنبرك |
| Split Pin | تيلة مشقوقة/ دبوس خابوري |
| Spring | ينبوع/ منهل/ جدول |
| Spring Box | صندوق نابضي |
| Stack | كدس |
| Stage Upgrading | تغذية مرحلية |
| Stand Pipe | أنبوب/ ماسورة قائمة |
| Stand Point | محطة توزيع |
| Stand Post | نقطة توزيع المياه |
| Starter | بادئ |

| | |
|---|---|
| Static | مستقر |
| Stator | جزء ساكن |
| Stone | حجر |
| Strainer | راووق/ أداة شد |
| Straning Unat | حشية مضغوطة/ حشية انفعالية |
| Submersible Electric Pump | مضخة كهربائية غاطسة |
| Suction Hose | خرطوم مص |
| Suction Limit | حدود المص |
| Suction Pump | مضخة ماصة |
| Sump Pipe | أنبوب تجميع الشوائب قبل دخول الماء إلى الخزان |
| Surface Water | مياه سطحية |
| Surge Chamber | حجرة الفورة |
| Surge Plunger | محقنة دافعة |
| Suspended Gutter | ميزاب معلق |
| Sustainable | يتحمل/ قابل للتحمل |
| Swivel | وصلة متراوحة/ مرور |
| Swivel Bolt | مسمار رفع دوار |
| Technical Brief | موجز تقني مختصرات تقنية |
| Thatch | غماء (قصب وأغصان نباتات تعمل منها سطوح المنازل) |
| Threaded Coupling | مُجمَع/ قَرِن ملولب |
| Threshing Floor | جرن/ بيدر |
| Tiles | قرميد |
| Top Soil | تربة فوقية |
| Treadle Pump | مضخة تحرك بالقدم |

| | |
|---|---|
| Trench | خندق |
| Trickle | وشل/ مجرى هزيل/ يُقطّر |
| Tripod | حامل ثلاثي الأرجل |
| Trowel | مالج |
| Unconsolidated Strata | طبقات جيولوجية غير مدمجة |
| Uniform Fine - Grained Soil | تربة حبيبية ناعمة ومنتظمة |
| Uniform Granular Soil | تربة حبيبية منتظمة |
| Unsustainable | لا يطاق |
| Upstroke | حركة باتجاه الأعلى |
| V - Notch | ثلمة بشكل الحرف v |
| Valve | صمام/ مصراع/ دسام |
| Volute Centrifugal Pump | مضخة نابذة حلزونية |
| Vonder Rig | عدة حفر فوندر |
| Waisted | مياه عادمة/ مهدورة |
| Waling | لوح ربط افقي |
| Ware | بلى |
| Washer | فلكة/ حلقة لمنع الارتشاح |
| Washout | انجراف/ سنام |
| Washout Pipe | أنبوب تصريف |
| Washout Valve | صمام تفريغ/ صمام تصريف |
| Water Recharge | إعادة شحن |
| Water Table | نطاق الماء الجوفي |
| Water Tight | محكم/ سدود للماء |
| Watertight Well | بئر مَسيكة |

| | |
|---|---|
| Wedge - Wire Screen | حاجز معدني إسفيني |
| Weir | سد |
| Well | بئر |
| Well Point | أنبوب تجفيف |
| Winch | رافعة/ مرفاع/ ونش |
| Wind -Powered Pump | مضخة مدارة بقوة الرياح |
| Windlass | مرفاع/ بكرة |
| Wire Rope | حبل سلكي |
| Work Shop | مشغل |
| Yard Tap | صنبور فناء (باحة المنزل) |
| Yield | إنتاجية/ محصول |

# المصادر وثبت المراجع

## المصادر الستة الصحيحة

Cairncross, S. and R. Feachem (1993). *Environmental Health Engineering in the Tropics: An Introductory Text*, Second Edition, Wiley, Chichester, UK, 310 pp., ISBN 0 471 93885 8.

A Number of Sections is this Book Give a Good Introduction to the Diseases Related to Water Supply and Sanitation and Possible Methods of Control. It Contains Useful Sections on Rural Water Supply and Sanitation. The Section on Water Supply Duplicates Some of the Material in the Original Ross Bulletin No. 10 Published by the Same Authors in 1986.

Jordan, T. D. Jr. (1984). *A Handbook of Gravity - Flow Water Systems for Small Communities*, ITDG Publishing, London, UK, 250 pp, ISBN 0 94668 850 8.

This is a Most Comprehensive Book on the Subject and is Recommended to anyone Who Plans to Implement Piped Gravity - Flow Systems.

Pickford, J. (ed.) (1991). *The World of Water. Technical Briefs on Health, Water and Sanitation*, ITDG Publishing, London, UK. ISBN 1 85339 096 0

This Book Contains Technical Briefs 1-32 that were Originally Published Singly in *Waterlines*.

The Briefs are Useful, Well Illustrated, Four Page Summaries of

the Important Aspects Relating to Various Aspects of Health, Water Supply and Sanitation in Developing Countries. They Contain References to Important Sources of Further Information. Note that Technical Briefs 33-64 are published in Shaw (ed.) (1999).

Shaw, R. J. (ed) (1999). *Running Water: More Technical Briefs on Health, Water and Sanitation*, ITDG Publishing, London, UK, ISBN 1 85339 450 5.

This Book Contains Technical Briefs 33 - 64 that Were Originally Published Singly in *Waterlines*.

The Briefs are Useful, Well Illustrated, Four Page Summaries of the Important Aspects Relating to Various Aspects of Health, Water Supply and Sanitation in Developing Countries. Note that Technical Briefs 1-32 are Published in Pickford (ed.) (1991). Technical Briefs 33-64 are available at www.lboro.ac.uk/well/ resources/ technical - briefs/ technical - briefs. htm.

Smet, J. and C. van Wijk (eds.) (2002). *Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnerships*, IRC Technical Paper Series 40, IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, The Netherlands. ISBN 90 6687 035 4.

This is an Updated Version of *Small Community Water Supplies: Technology of Small Water Supply Systems in Developing Countries* Published in 1981. It has Fairly Comprehensive Coverage of the Technological Aspects of Water Supplies. This Latest Version has a New Chapters Relating to Integrated Water Resources Management and Water Supply in Disasters and Emergencies. Other New Chapters cover Desalination, Fluoride Removal and Arsenic Removal. There is a Revised annex on Sanitary Surveys and Laboratory Analysis, and a New Annex on Groundwater Exploration Chapters 1-4 are available at www.irc.nl/products/ publications/ online/ tp40e/ index. html.

Watt, S. B. and W. E. Wood (1979). *Hand Dug Wells and their*

*Construction* (second edition), ITDG Publishing, London, UK, 254 pp, ISBN 090303 127 2.

This is a Most Comprehensive Book on the Subject and is Recommended to any Who Plan to Implement hand Dug Wells.

## نشريات أخرى ذات صلة

تخص العناوين الآتية الموضوعات غير المفصّلة، والتي تمّت مناقشتها بإختصار في المراجع الستة الأساسيّة.

Almedom, A. M., U. Blumenthal and L. Manderson (1997). *Hygiene Evaluation Procedures: Approaches and Methods for assessing Water - and Sanitation - Related Hygiene Practices*, International Nutritional Foundation for Developing Countries, PO Box 500, Boston MA, 02114-0500, USA, ISBN 09635522 8 7

This Book Provides Practical Guidelines for Evaluating Water and Sanitation - Related Hygiene Practices. It can be Read at: www.unu.edu/ unupress/ food2/ uin lle/ uin lle 00.htm.

Barlow, R., B. McNelis and A. Derrick (1993). *Solar Pumping: An Introduction and Update on the Technology, Performance, Cost and Economics*, ITDG Publishing, London, UK ISBN 185339 179 4, and World Bank, Washington, DC, USA, ISBN 0 8213 2101 3

A Comprehensive Book which Includes a Comparison of the Cost of Solar, Diesel, Hand and Wind Power for Pumping Water.

Boot, M. T. (1991). *Just Stir Gently: The Way to mix Hygiene Education with Water Supply and Sanitation,* Technical Paper Series No.29, International Water and Sanitation Centre (IRC), The Hague, The Netherlands, ISBN 90 6687 016 8

A Useful Book which Looks at all Aspects of Understanding and Influencing Health Behaviour Relating to Water and Sanitation.

Dayal, R., C. van Wijk & N. Mukherjee (2000). *Methodology for*

*Participatory Assesments with Communities, Institutions and Policy Makers: Linking Sustainability with Demand, Gender and Poverty*, Metguide, Water and Sanitation Program, The World Bank, Washington DC, USA and IRC International Water and Sanitation Center, Delft, The Netherlands.

An Excellent Book that Describes Participatory Field 'Tools' that Can be Used to Help Ensure that Water and Sanitation Projects Meet Users' Needs in the most Appropriate Way. It is available at www.wsp.org/ pdfs/ global_ metgideall. Pdf.

Fraenkel, P., R. Barlow, F. Crick, A. Derrick and V. Bokalders (1993). *Windpumps: A Guide for Development Workers*, ITDG Publishing, London, UK, in association with the Stockholm Environmental Institute, 156 pp., ISBN 1 85339 126 3

A Comprehensive Book which Gives Details about a Number of Windpump Manufacturers and Suppliers.

Fraenkel, P. (1997). *Water - Pumping Devices: A Handbook for Users and Choosers*, (second edition), ITDG Publishing, London, UK, 254 pp., ISBN 1 85339 346 0

This Book Covers all Types of Pumping Systems Driven by Manual, Animal, Wind, Water, Solar, Engine and Motor Power.

Gould, J. and E. Nissen - Petersen (1999). *Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation*, ITDG Publishing, London, UK. ISBN 1 85339 456 4.

A Very Comprehensive and up-to-date Book on the Subject of Rainwater Catchment and Storage. It Includes a Good Section that Gives Outline Details for the Construction of a Number of Different Types of Storage Tank.

IRC (1988). *Handpumps: Issues and Concepts in Rural Water Supply Programmes*, IRC Technical Paper Series No.25, International Water and Sanitation Centre, The Hague, The Netherlands, 163 pp, ISBN 90 6687 010 9.

A Book that Gives Useful Advice on Handpump Technology, Installation, Maintenance and Manufacture.

IRC (1998). *Multi - Stage Filtration: An Innovative Water Treatment Technology*, Paper Series 34-E, International Water and Sanitation Center, The Hague, The Netherlands and CINARA, Valle University, Cali, Colombia, 165 pp., ISBN 90 6687 029 1

A Book which Gives Guidance on How to Treat Surface Water Sing Different Types of Roughing Filter together with Slow Filters.

IRC (1991). *Partners for Progress: An Approach to Sustainable Piped Water Supplies*, Technical Paper Series 28, International Water and Sanitation Centre, The Hague, The Netherlands, 139 pp. ISBN 90 6687 015X

A Good Introduction to the Philosophy and Practice of Full Involvement of Communities in the Water Supplies Designed to Serve them. Although the Focus is on Piped Schemes, many of the Suggestions are also Relevant to other Water Supply Methods. The Book Covers Planning, Implementation, Operation, Maintenance, Monitoring and Evaluation.

Lloyd, B. and R. Helmer (1991). *Surveillance of Drinking Water Quality in Rural Areas*, Longman Scientific & Technical, UK, ISBN 0 582 06330 2

In Addition to Information about Water Quality Testing this Book Describes 'Sanitary Surveying'. This Technique can be Used to Judge the likelihood of Water Sources being Contaminated without the need to Carry out Bacteriological Testing.

Morgan, P. (1990). *Rural Water Supplies and Sanitation*, Macmillan, London, UK, 358 pp, ISBN 033348 569 6

Two Thirds of this Book deals with Practical Aspect of Exploiting Groundwater and the Other Third is about Low - Cost Sanitation. The Water Supply Section has Particular Emphasis on use of the Blair Bucket Pump and Various Types of Handpump made and used in Zimbabwe. Other Sections

Provides some Guidance on Construction Hand - Dug Wells and had - Augered Boreholes using the Vonder Rig. It has Short Sections on the Purification of Water and on Rain-water Harvesting.

Nelson, K. D. (1985). *Design and Construction of Small Earth Dams*, Heinemann, UK, 128 pp, ISBN 090960 534 3

An Introduction to Safe Construction of Earth Dams.

Nilsson, A. (1988). *Groundwater Dams for Small Water Supply*, ITDG Publishing, London, UK, 64 pp, ISBN 1 85339 050X.

A Good Reference Book on Groundwater Dams.

Price, M. (1996). *Introducing Groundwater* (second edition), Chapman & Hall, London, UK, 278 pp ISBN 0 412 48500 1

A Good Introductory Book on the Occurrence and Quality of Groundwater, the Way in which it Flows, how it can be Located and Tested, and the Construction and use of Beroholes.

Schulz, C. R. and D. A. Okun, (1992). *Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries*, ITDG Publishing. ISBN 1 85339 142 5

A Comprehensive Book Dealing with Most Aspects of the Design, of Small and Large Scale Water Treatment Plants. This Book is a Reprint of one first Published in 1984. In Places it is now a Little out of Date but it is Still Very Useful.

WELL (1998). *DFID Guidance Manual on Water Supply and Sanitation Programmes*, WELL Resource Centre Network for Water, Sanitation and Environmental Health, Water, Engineering and Development Centre (WEDC), Loughborough University UK.

A Comprehensive Manual Prepared by WELL, a Resource Centre Funded by DFID. It Covers the Whole of the Project Cycle for Water and Sanitation Programmes (i.e. from Policy Development to Evaluation)

Dealing mainly with Important Programme Planning and Management Issues rather than Technology. It can be Read Online, Printed or Ordered, via the WELL website at www.lboro.ac.uk/well/resources/books-and <http:// www.lboro.ac.uk/well/resources/books-and- manuals/guidance-manual.htm

## مصنفات وأعمال أخرى

DHV (1985). *Low Cost Water Supply: For Human Consumption, Cattle Watering, Small Scale Irrigation*, Part 1: Survey and Construction of Wells, DHV Consulting Engineers, Amersfoort, The Netherlands.

DLVW (1983). *Rural Water Operators Handbook: Gravity fed Rural Pipe Water Schemes,* Department of Lands, Valuation and Water, Government of Malawi, Malawi.

Guoth - Gumberger, M. and R. (1987). *Small Projects Training Manual*, Volume II, Water Supply, Sudan Council of Churches, Munuki Water and Sanitation Project, Sudan.

Hasse, R. (1989). *Rainwater Reservoirs, Above Ground Structures for Roof Catchment*, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Germany.

IRC (1979). *Public Standpost Water Supplies: A Design Manual*, IRC Technical Paper No.14, International Water and Sanitation Centre, The Hague, The Netherlands.

IRC (1987). *Slow Sand Filtration for Community Water Supply: Planning, Design, Construction, Operation and Maintenance*, Technical Paper No.24, International Water and Sanitation Center, The Hague, The Netherlands.

IRC (1988). *Community Self - Improvement in Water Supply and Sanitation: A Training and Reference Manual for Community Health Workers, Community Development Workers and Other Community based Workers*, Training Series No.5 International Water and Sanitation Centre (IRC). The Hague, The Netherlands.

Nissen - Petersen, E. and M. Lee (1990). *Harvesting Rainwater in Semi - Arid Africa*, Manual No. 3, Rock Catchment Dam with Self Closing Tap, ASAL Rainwater Harvesting, Nairobi, Kenya.

Rajagopalan, S. and M. A. Shiffman (1974). *Guide to Simple Sanitary Measures for the Control of Enteric Diseases*, World Health Organization, Geneva.

SWS (1992). Trade Literature from SWS Filtration Ltd, Morpeth, Northumberland, UK.

Wegelin, M. (1996). *Surface Water Treatment by Roughing Filters: A Design, Construction and Operation Manual,* SANDEC report No.2/96, Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management (SKAT), St. Gallen, Switzerland.

# الفهرس

**ـ ع ـ**



**ـ ك ـ**



**ـ ل ـ**



**ـ م ـ**

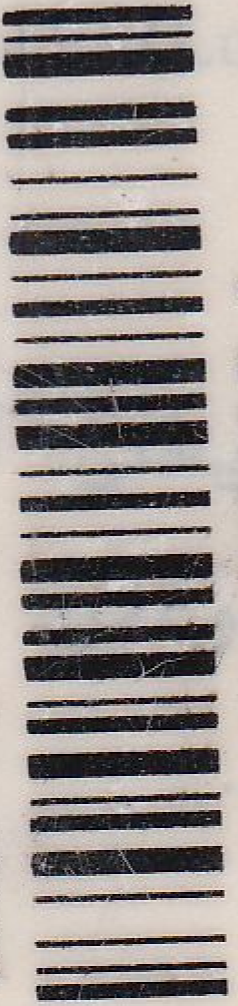
## الإمداد المائي في المقياس الصغير

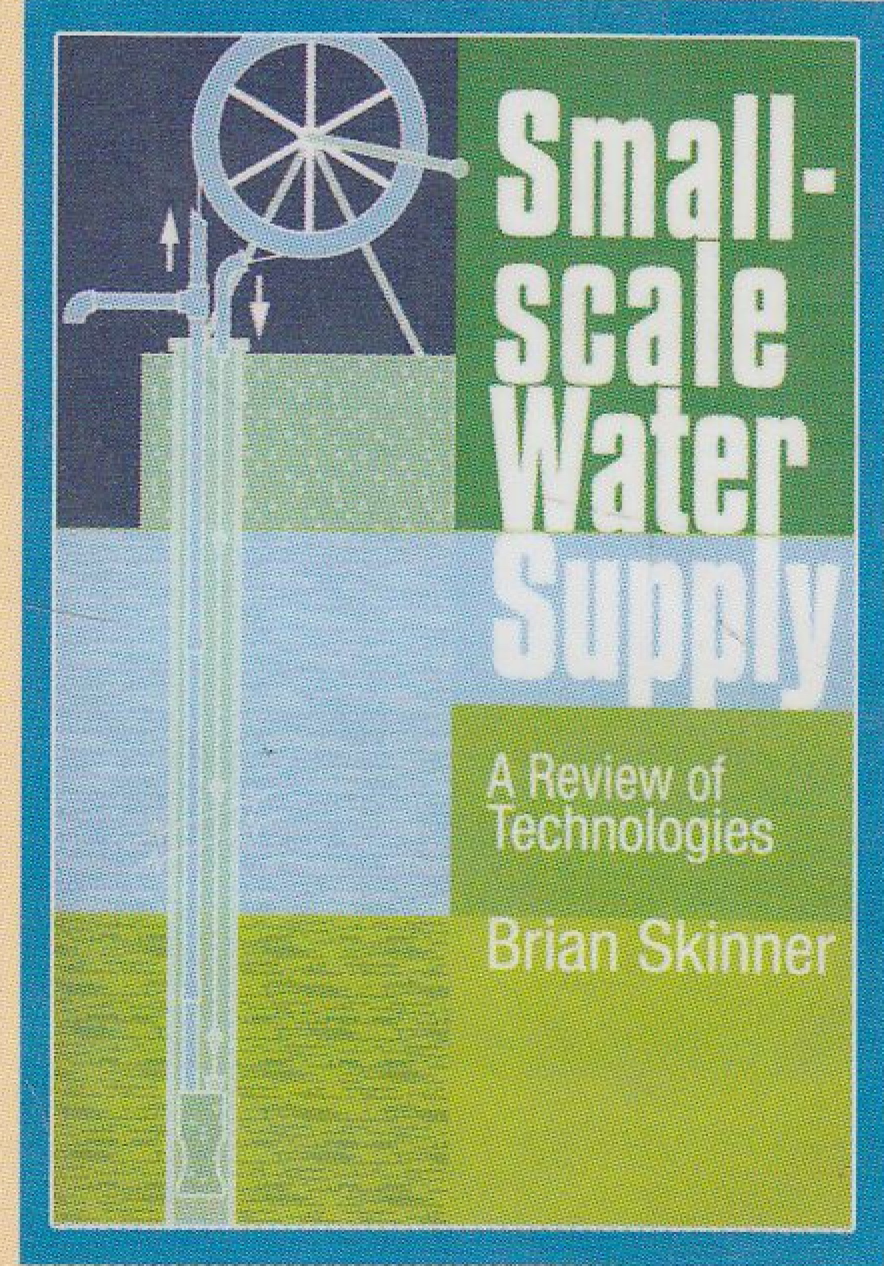
مراجعة في التقنيات(*)

يفصّل هذا الكتاب تقنياتِ الإمداد المائي في المناطق الريفيّة والنائية، ويتميز بشمولية واسعة تجمع بين المفاهيم الأساسية والآليات التطبيقية، فيؤدي دوراً أساسياً في تمكين العاملين في هذا الميدان من تطوير قدراتهم على تصميم واختيار أنظمة التجهيز المائي، وإعداد برامج الإمداد، ولاسيّما أنّه يخاطب المتلقي بأسلوب علمي يقلّص الفجوة بين المفاهيم التقنية المهنية والقارئ العادي، ويعزز في الوقت نفسه التفاعل بين المتخصصين.

1. **برايان سكنر**: مهندس متخصص في مجال الإمداد المائي. مدير التخطيط في مركز هندسة وتطوير المياه (WEDC) في جامعة لفْبرة (…borough) … المتحدة.

2. **د. محمد عبد الستّار** … الفيزياء الحيوية الإشعا… لكلية العلوم في جامعة ب…




(*) الكتاب الأول من تقنية المياه

**سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة**

1. المياه
2. البترول والغاز
3. البتروكيمياء
4. النانو
5. التقنية الحيوية
6. تقنية المعلومات
7. الإلكترونيات والاتصالات والضوئيات
8. الفضاء والطيران
9. الطاقة
10. المواد المتقدمة



**المنظمة العربية للترجمة**


الثمن: 10 دولارات أو ما يعادلها

ISBN 978-9953-0-1785-3